

## DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND CII.

---

I. *Ueber die Extraströme;*  
*von P. L. Rijke.*

---

1. Hr. Edlund ist meines Wissens der einzige Physiker, der sich damit beschäftigt hat, die Gesetze der Extraströme durch genaue Messungen zu bestimmen. In der in diesen Annalen Bd. 77, S. 161 veröffentlichten Abhandlung ist er zu folgenden zwei Gesetzen gelangt:

- 1) Die beim Oeffnen und Schliessen einer galvanischen Kette durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme sind gleich groß, wenn die inducirende Stromstärke in beiden Fällen die nämliche ist.
- 2) Die beim Oeffnen und Schliessen einer galvanischen Kette durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme sind der inducirenden Stromstärke proportional.

Diese sind gewiss zwei wichtige Gesetze. Jedoch kann man nicht sagen, Hr. Edlund habe durch Aufstellung derselben den Gegenstand vollständig erschöpft. Man kann in Betreff der Extraströme noch eine große Zahl von Fragen aufwerfen, auf welche man bis jetzt, wenigstens experimentell, noch keine Antwort gefunden hat.

2. Es liegt nicht in meiner Absicht, mich mit allen hieher gehörigen Fragen zu beschäftigen. Ich habe nur diejenigen vorgenommen, an deren Lösung mir lag für Untersuchungen, mit denen ich mich künftig zu beschäftigen hoffe.

Die erste Frage, die ich zu lösen suchte, ist die: Ist das erste Gesetz des Hrn. Edlund noch richtig, sobald

in die Axe der inducirenden Drahtrolle ein Eisenkern gelegt worden, d. h. ist die Elektrizitätsmenge, welche beim Schliessen der Kette durch Induction in Bewegung gesetzt wird, und welche das, was ich ersten Extrastrom nennen werde, ausmacht, noch gleich der Elektrizitätsmenge, die beim Oeffnen der Kette durch Induction in Bewegung geräth, und die, wie ich es nennen werde, den zweiten Extrastrom darstellt?

3. Die Methode, die ich zur Messung der Extrastrome angewandt habe, ist die von Hrn. Edlund erdachte, welche ihm so wohl gelungen ist. Sie besteht darin, den Strom eines Rheomotors *A*, der mit einem Commutator *D* versehen ist, bei *a* Fig. 1, Taf. V in zwei gesonderte Ströme zu spalten, und diese die beiden Drähte eines Differentialgalvanometers *C* in entgegengesetztem Sinne durchlaufen zu lassen. Ehe diese Ströme zum Galvanometer gelangen, durchläuft der eine die Windungen einer Drahtrolle *B*, der andere einen Metalldraht *F*, der so gestaltet ist, daß sich darin kein merklicher Extrastrom bilden kann, und der an Widerstand fast der Drahtrolle gleich ist. Ein Kupferdraht *mt*, welcher *F* verlängert, geht durch die Klemmschraube *un*, die mit einem der Galvanometerdrähte verknüpft ist. Die Länge *mu* kann daher nach Belieben verringert oder vergrößert werden. Die außerordentliche Empfindlichkeit des Galvanometers hat mich verhindert, gewöhnliche Rheostaten zur Regulirung des Widerstandes des Zweiges *akFmunopg* anzuwenden, denn unvermeidliche Ungleichheiten des Contacts zwischen dem Läufer und dem Draht des Rheostats würden Abweichungen von mehreren Minuten hervorgebracht haben. Wenn ein Strom, dessen Intensität gleich Eins ist, beim Durchlaufen des Galvanometerdrahtes *ef* ein Drehungsmoment  $F_1$ , und beim Durchlaufen des Drahtes *op* ein Drehungsmoment  $F_2$  in umgekehrter Richtung hervorbringt, so bleibt die Galvanometernadel unter dem Einfluß der beiden von *a* ausgehenden Ströme in Ruhe, sobald man für  $r_1$  und  $r_2$ , nämlich für die Widerstände von *aBcdefg* und *akFmunopg*, hat:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{F_1}{F_2} \dots (I)$$

Angenommen, man habe der Gleichung (I) genügt, und unterbreche nun die Kette in  $s$ , so ist klar, daß man in  $B$  eine elektromotorische Kraft erregen wird, die einen Strom hervorruft, welcher die beiden Drähte des Galvanometers durchlaufen wird, aber dieß Mal in *gleichem* Sinne. Die Nadel wird folglich abgelenkt, und wenn diese Ablenkung eine gewisse Gränze nicht überschreitet, kann man nach Hrn. W. Weber beweisen, daß sie proportional ist dem anfänglichen Impuls, d. h. der gesamten Elektrizitätsmenge, die durch die in  $B$  stattfindende Induction in Bewegung gesetzt wird. Dasselbe gilt von dem Strom, den man beim Schließsen der Kette inducirt.

4. Das Galvanometer ist mit vieler Sorgfalt von Hrn. Ruhmkorff construirt und zwar nach dem Systeme des Hrn. W. Weber. Bei meinem Instrument ist die Nadel ein hohler Stahlcylinder von 0<sup>m</sup>,11 Länge. Der galvanometrische Draht besteht aus drei gesonderten Drähten, von denen zwei, die ich allein zu diesen Untersuchungen angewandt habe, einen fast gleichen Widerstand besitzen. Diese drei Drähte sind auf einen ovalen Messingrahmen von 0<sup>m</sup>,16 Länge und 0<sup>m</sup>,065 Breite gewickelt. Im Innern dieses Messingrahmens befindet sich ein Kupferahmen von gleicher Form aber nur 9 Millimeter Dicke, der zum Dämpfen der Schwingungen des Magnets bestimmt ist. Der Spiegel, an welchem der Magnet hängt, ist von Metall und hat die Gestalt eines Quadrats von 0<sup>m</sup>,04 Seite; die Strähne Seidenfäden ohne Torsion ist 0<sup>m</sup>,45 lang. Die in Millimeter getheilte Scale war in solchem Abstand von dem Spiegel aufgestellt, daß jedes Millimeter etwa einer Winkelverschiebung von 60 Sekunden entsprach, und, da sich noch Zehntel einer Abtheilung schätzen ließen, ging die Genauigkeit der Messungen bis 6 Sekunden.

5. Die Hauptschwierigkeit, welcher man bei dieser Art von Untersuchungen begegnet, liegt in den Veränderungen,

welche das Verhältniß  $\frac{r_1}{r_2}$  unaufhörlich erleidet. Gesetzt nämlich, es sey gelungen, die Länge des Drahtes  $mu$  so zu reguliren, daß, wenn man den in  $A$  erregten Strom anhaltend wirken läßt, die beiden Zweigströme sich in ihrer Wirkung auf die Galvanometernadel zuletzt vollständig aufheben, so ist klar, daß dieser Neutralisationszustand ungemein vorübergehend seyn wird. Damit er permanent bliebe, müßte man voraussetzen können, daß die beiden Zweigströme die Drahtleitungen, in denen sie circuliren, gleichviel erwärmen, und daß überdies in diesen beiden Zweigen eine vollkommene Gleichheit hinsichtlich der Gestalt und eine vollkommene Homogenität hinsichtlich der Substanz vorhanden wäre. Man weiß aber, daß die beiden letzten Bedingungen nicht verwirklicht werden können, und gleiches gilt unglücklicherweise auch von der ersteren. In der That müssen der Draht der Rolle  $B$  und der Draht  $F$ , vermöge der Rolle, die sie zu spielen bestimmt sind, auf verschiedene Weise angeordnet seyn, und es ist klar, daß die Wärmestrahlung und der erkältende Einfluß der Luft einen ungleichen Effect auf diese Leiter ausüben werden.

Daraus folgt, daß die Größe  $\frac{r_1}{r_2}$  nur ausnahmsweise gleich  $\frac{F_1}{F_2}$  seyn wird; aber nur wenn diese beiden Größen gleich sind, ist man berechtigt anzunehmen, daß die elektromagnetischen Wirkungen der erhaltenen Extrastrome proportional sind den beobachteten Ablenkungen. Hr. Edlund hat jedoch bewiesen (§. VII der erwähnten Abhandlung), daß, wenn die Größe  $\Delta r_2$ , die man zu  $r_2$  hinzufügen muß, damit die beiden Zweigströme sich vollständig neutralisiren, sehr klein ist gegen  $r_2$ , die Fehler, die man begeht in der Annahme, daß die beiden Ströme der Winkel-Ablenkung der Nadel proportional seyen, unterhalb der Beobachtungsfehler liegen.

6. Noch ist ein anderer Punkt zu erwägen. Wir nehmen an, daß der Impuls, den der in  $B$  inducirte Strom mittheilt, proportional sey der beobachteten Ablenkung; al-



lein, wenn diese Annahme richtig seyn soll, muß die Nadel, im Moment, da sie diesen Impuls empfängt, sich in der Gleichgewichtslage befinden. Aber die Nadel befindet sich nicht daselbst, wenn nicht die Widerstände unserer beiden Zweige genau proportional sind zu  $F_1$  und  $F_2$ . Bevor man die Kette öffnet, unterliegt die Nadel der vereinigten Wirkung des Erdmagnetismus und der beiden Zweigströme, die voraussetzlich einander neutralisiren; wenn man dagegen durch das Oeffnen der Kette den Extrastrom erregt hängt die Gleichgewichtslage alleinig von der Wirkung des Erdmagnetismus ab. Wenn man also die Kette öffnet, befindet sich die Nadel wirklich abgelenkt von dem, was man als Gleichgewichtslage betrachten muß. Es ist klar, daß es sich beim Schließen der Kette ebenso verhält. Hr. Edlund hat bewiesen, daß, wenn  $x$  die Zahl der Abtheilungen ist, um welche die Nadel sich aus der Gleichgewichtslage abgelenkt befindet, und  $u$  die Ablenkung, die man beobachtet, die der Nadel mitgetheilte Geschwindigkeit, welche mit  $h$  bezeichnet seyn mag, berechnet werden kann mittelst der Formel:

$$h = -nx - \sqrt{[mu^2 e^{2n(x-t)} - (m - n^2)x^2]} \dots (II)$$

in welcher  $m$  und  $2n$  die Quotienten vorstellen, welche man erhält, wenn man durch das Trägheitsmoment der Nadel dividirt die magnetische Directions-kraft der Erde und die Verzögerungskraft, die entspringt aus dem Widerstand der Luft und aus den inducirten Strömen, welche die Oscillationen der Nadel in beiden Rähmen und den Galvanometerdrähten hervorrufen.  $T$  repräsentirt die Dauer einer Oscillation und  $t$  die Zeit, welche die Nadel gebrauchen würde, um aus der Amplitude  $u_1$ , die der Amplitude  $u$  gegenüber liegt, zu dem Abstand  $x$  von der Gleichgewichtslage zu gelangen. Die Formel ist nur richtig, so lange die Oscillationen der Nadel nicht gewisse Gräzen überschreiten.

Sobald der Werth von  $x$  klein ist, kann die obige Gleichung, wie es Hr. Edlund bewiesen hat, unter die Form gebracht werden:

$$h = \sqrt{m \cdot e^{ax} \left( u + bx - c \frac{x^2}{u} \right) \dots} \quad (\text{III})$$

wo  $a$ ,  $b$  und  $c$  Constanten sind, die sich berechnen lassen sobald man den Werth von  $e^{ax}$  bestimmt hat, d. h. den Werth der Gröfse, deren Logarithmus Gaußs den Namen des logarithmischen Decrements gegeben hat.

7. Man nimmt stillschweigend an, dafs, wenn man die Kette *schliesst* und die Nadel sich unter Wirkung des Extrastroms in Bezug setzt, das Verhältnifs der von den beiden Strömen ausgeübten Drehungsmomente constant bleibe. Diese Annahme ist jedoch nur insofern richtig, als die Lage der Nadel sich in Beziehung auf jeden der Galvanometerdrähte auf gleiche Weise verändert. Unglücklicherweise können die Drähte niemals so aufgewickelt werden, dafs diese Bedingung genau erfüllt würde. Man mufs sich daher bemühen, auf einem anderen Wege die Schwankungen des Verhältnisses  $\frac{F_1}{F_2}$  unmerklich zu machen.

Das am meisten übliche Mittel besteht darin, dem Rahmen für die Windungen des Galvanometerdrahtes einen sehr grofsen Durchmesser gegen die Dimensionen der Nadel zu geben, oder auch sich auf die Beobachtung sehr kleiner Ablenkungen zu beschränken. Ich habe vorhin die Dimensionen des Rahmens und die der Nadel angegeben. Sie sind so, dafs sie mich zu verdammen schienen, stets das letztere Mittel zu gebrauchen. Indefs ist dem nicht also, da ich für Ablenkungen bis zu 30 Scalentheilen gefunden habe, dafs wenn eine Ablenkung der Nadel um eine gewisse Zahl von Abtheilungen nach der Rechten das Verhältnifs  $\frac{F_1}{F_2}$  z. B. verringert, eine Ablenkung nach der Linken es um eine gleiche Gröfse vergrößert. Zu dem Ende mafs ich die permanente Wirkung eines Stromes auf die Nadel, erstens wenn sie sich in ihrem natürlichen Gleichgewichtszustand befand, zweitens wenn der Gleichgewichtszustand durch einen in gehöriger Lage angebrachten starken Magnet nach der Rechten verschoben war, und drittens, wenn

derselbe ebenso um eine gleiche Grösse nach der Linken verschoben war. Folgendes waren die erhaltenen Resultate. Der Strom wurde durch ein Daniell'sches Element erzeugt.

Nadel in d. natürlichen Gleichgewichtslage.			Nadel rechts abgelenkt.			Nadel links abgelenkt.		
Gleichgewichtslage bei		Unterschied.	Gleichgewichtslage bei		Unterschied.	Gleichgewichtslage bei		Unterschied.
offner Kette.	geschlossen.		offner Kette.	geschlossen.		offner Kette.	geschlossen.	
495,7	495,7	0,0	526,1	525,1	+1,0	465,1	466,1	-1,0
495,5	495,4	+0,1	526,9	525,9	+1,0	464,8	465,7	-0,9

Man sieht, daß die Unterschiede nicht über die Gränze der Beobachtungsfehler hinausgehen.

Nichts ist nun leichter als sich gegen die eben bezeichnete Fehlerquelle zu schützen. Es genügt, aus zwei Ablenkungen, die durch Ströme von entgegengesetzten Richtungen erhalten wurden, das Mittel zu nehmen. Gesetzt nämlich, wir schliessen die Kette, und nehmen zur Fixirung der Ideen an, der Commutator sey so gestellt, daß der primäre Strom in den Windungen der Drahtrolle *B* eine positive Richtung nehme <sup>1)</sup>, gesetzt ferner, der entstehende Extrastrom lenke die Galvanometernadel rechts ab, und es sey  $F_2$  das Moment, welches unter der Wirkung des primären Stromes die Nadel links zu drehen sucht, so wird offenbar die beobachtete Ablenkung zu klein seyn. Aendern wir nun, nachdem die Kette geöffnet worden, die Lage des Commutators so, daß die Richtung des Stromes umgekehrt wird und schliessen abermals die Kette, so wird die Nadel links abgelenkt werden, und es wird  $F_1$  seyn, welches eine überwiegende Wirkung ausübt; allein da der

1) Ich sage, der Strom hat eine positive Richtung, wenn seine Richtung in den Windungen der Drahtrolle, deren Axe als lothrecht vorausgesetzt, dieselbe ist wie die, in welcher sich die Zeiger einer Uhr bewegen.

Strom umgekehrt wurde, so wird  $F$ , nicht mehr streben die Nadel nach der Rechten zu drehen, sondern nach der Linken. Die Ablenkung wird folglich vergrößert seyn, und zwar, wenn man sich auf Ablenkungen von nicht über 30 Minuten beschränkt, um eine Gröfse gleich der des Fehlers, den man begehen würde, wenn man die bei der ersten Schließung der Kette gefundene Ablenkung als richtig ansähe.

8. Bei dem von mir angewandten Galvanometer ist die dämpfende Kraft sehr stark, denn nachdem die Nadel um 40 Abtheilungen aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkt worden, kehrt sie, selbst wenn die Galvanometerdrähte offen sind, in weniger als 26" in dieselbe zurück. Die Intervalle zwischen zwei Beobachtungen sind also sehr klein. Obgleich ich nicht glaubte, dafs dieser Umstand mich, selbst bei ausschließlicher Anwendung von Daniell'schen Elementen, zu der Annahme berechtigte, dafs die Intensität des inducirenden Stromes nicht von einer Beobachtung zur anderen variirte, so habe ich doch gemeint voraussetzen zu können, dafs, wenn die Beobachtungen in gleichen Zwischenzeiten auf einander folgen, die Intensität des primären Stroms bei der zweiten Beobachtung gleich sey dem Mittel aus den Intensitäten des Stroms bei der ersten und dritten Beobachtung. Ich glaube, meine Beobachtungen werden beweisen, dafs diese Methode wenig zu wünschen übrig läßt.

9. Die inducirende Rolle, deren ich mich bediente, hatte 300 Windungen, und der Draht einen Durchmesser von 2 Millimet. Es ist die inducirende Rolle eines Ruhmkorff'schen Apparates, den ich in diesen Annalen Bd. 89, S. 172 beschrieben habe.

10. Wir haben gesehen (6), dafs die beobachteten Ablenkungen fast immer eine Berichtigung erfordern, da die Gleichgewichtslagen selten die nämlichen sind bei geschlossener und bei offener Kette. Ich mußte also die Constanten der Gleichung (III) berechnen. Zu dem Ende mußte ich damit beginnen, das logarithmische Decrement mittelst der

Zurückwerfungsmethode von Gauss zu bestimmen<sup>1)</sup>). Durch diese Methode erhielt ich folgende Reihen.

## No. 1.

Erste Reihe.				Zweite Reihe.			
Gleichgewichtslage				Gleichgewichtslage			
zu Anfang d. Beob. 498,7				zu Anfang d. Beob. 499,2			
» Ende » » 499,2				» Ende » » 499,9			
Mittel 498,95				Mittel 499,55			
253,0	539,3	745,5	457,8	253,7	539,0	744,7	457,8
253,0	539,0	745,0	457,8	252,0	539,0	745,2	457,5
252,9	538,9	744,8	457,5	253,8	538,9	743,9	458,0
252,5	538,7	744,1	457,0	253,0	539,0	744,8	457,5
251,5	538,3	744,8	456,9	252,9	539,0	745,0	457,3
251,7	538,2	744,5	457,0	252,5	539,0	745,0	457,8
252,0	538,7	744,7	457,0	252,5	539,0	745,2	457,8
251,5	538,3	744,1	457,0	253,2	539,2	745,0	458,0
252,0	538,2	744,0	457,0	253,0	539,2	745,2	458,0
251,7	538,7	744,8	457,2	253,0	539,7	745,6	458,1
252,18	538,63	744,63	457,22	252,96	539,1	744,96	457,78

## Dritte Reihe.

Gleichgewichtslage

zu Anfang d. Beob. 500

» Ende » » 500,7

Mittel 500,35

254,2	540,5	746,2	459,2
254,5	540,7	746,7	459,1
254,5	540,7	746,0	459,0
254,0	540,7	747,0	459,3
254,2	540,8	747,0	459,4
254,3	540,8	746,8	459,3
254,2	540,8	747,0	459,3
254,8	540,8	746,3	459,8
255,0	541,0	747,0	459,3
254,5	540,8	747,0	459,5
254,42	540,76	746,7	459,32

11. Da man nicht die Winkel der Ablenkung, sondern die Tangenten des Doppelten dieser Winkel beobachtet, so folgt, daß die Ablenkungen, welche man erhält, eine Berichtigung erfordern, die von dem Abstand des Spiegels von der Scale abhängt. Ich fand für diesen Abstand

1713<sup>mm</sup>,5.

1) Gauss und Weber, Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins, 1838 S. 98, und Weber, Elektrodynamische Maafbestimmungen S. 349.

Darnach erhalten wir für den Werth von  $e^{-u}$

für die erste Reihe	0,16644
" " zweite "	0,16640
" " dritte "	0,16655
Mittel	0,16646

und die Gleichung (III) wird

$$h = \sqrt{m \cdot e^{0,555 \cdot r}} \left[ u + 0,546x - 0,0765 \frac{x^2}{u} \right] \dots \text{(IV)}$$

12. Schon Hr. Edlund hat die Bemerkung gemacht, dafs, wenn der erste und der zweite Extrastrom nur in dem Fall einer gleichen Intensität des inducirenden Stromes einander gleich sind, man nicht erwarten dürfe, beim Oeffnen und Schliessen der Kette gleiche Ablenkungen zu erhalten. Denn im Moment, da man die Kette öffnet, mufs der inducirende Strom *caeteris paribus* immer schwächer seyn, als da man sie schliesst, weil, während der Schliessung, in dem galvanischen Apparate, selbst in einem für sehr constant gehaltenem, eine Polarisation entsteht, die den Strom schwächt. Man mufs sich also so einrichten, dafs wenn der inducirende Strom in den beiden Zweigen unterbrochen wird, dennoch in dem Rheomotor ein Strom von gleicher Intensität circulirt. Zu dem Ende hob ich die directen Verbindungen auf, welche in Fig. 1, Taf. V zwischen  $h$  und  $g$  und zwischen  $a$  und  $i$  bestehen, und verband die beiden Punkte  $h$  und  $i$  mit den beiden Klemmschrauben  $x$  und  $y$  eines speciell hiezu von Hrn. Logeman in Harlem verfertigten Commutators, Fig. 2. Das Instrument ist so eingerichtet, dafs man diese Klemmschrauben nach Belieben in Verbindung setzen kann sowohl mit den Klemmschrauben  $v$  und  $w$  als mit denen  $v'$  und  $w'$ . Zu dem Ende sind die Klemmschrauben  $x$  und  $y$  durch Kupferstreifen verknüpft mit zwei Messingständern  $\alpha$  und  $\beta$ , zwischen welchen ein Cylinder  $\gamma\delta$  aus isolirender Substanz befindlich ist, versehen an seinen beiden Enden mit Messingkappen, die in Kegel auslaufen, deren Enden als Axen dienen und sich in den Ständern  $\alpha$  und  $\beta$  drehen. Diese Kappen haben die Fortsätze  $\zeta$ ,  $\eta$  und  $\zeta'$ ,  $\eta'$ . Die Klemm-

schrauben  $v$ ,  $w$  und  $v'$ , und  $w'$  sind versehen mit Messingstiften, die mit einem ihrer Enden auf den Cylinder  $\gamma\delta$  drücken. Klar ist, daß man, um  $x$  und  $y$  mit z. B.  $v$  und  $w$  zu verknüpfen, den Cylinder nur mit der Handhabe  $\varepsilon\theta$  so zu drehen braucht, daß die von  $v$  und  $w$  auslaufenden Stifte auf die Fortsätze  $\xi\eta$  und  $\xi'\eta'$  der Cylinderkappen zu liegen kommen. Die Punkte  $a$  und  $g$ , Fig. 1, communicirten durch metallische Leiter mit den Klemmschrauben  $v$  und  $w$ , während  $v'$  und  $w'$  unter sich verbunden waren durch einen Kupferdraht, dessen Widerstand gleich war dem, welchen der inducirende Strom beim Durchlaufen der verschiedenen Theile des in Fig. 1 abgebildeten Apparats von  $a$  bis  $g$  antraf.

13. Ich habe bereits bemerkt gemacht, daß gewöhnlich der Widerstand des Zweiges, welcher die Inductionsrolle enthält, fortwährend zunimmt, weil sich diese Rolle mehr erwärmt als der Draht, welcher ihr in dem andern Zweige entspricht<sup>1)</sup>. Diese Zunahme in dem Widerstande des einen Zweiges nöthigte mich den Widerstand des andern Zweiges von Zeit zu Zeit zu vergrößern. Indefs, da ich zwischen den Beobachtungen, deren Resultate ich vergleichen wollte, nicht ungleiche Zeiten verstreichen lassen konnte, vermochte ich nicht die Gleichheit zwischen den beiden Zweigen so oft herzustellen, als ich es gewünscht hätte. Das hatte zur Folge, daß die Unterschiede zwischen den Gleichgewichtslagen bei der offenen und der geschlossenen Kette oft sehr groß waren. Freilich stand die Nadel selten still, wenn die Kette geschlossen war. Auch habe ich, wenn ich einen hohen Grad von Genauigkeit erreichen wollte, die Lage der Nadel aufgezeichnet sowohl im Moment, da der durch Schließung erregte Extrastrom zu wirken aufgehört hatte, als hernach im Moment, da ich die Kette öffnete.

1) Klar ist, daß, wenn die Temperatur des Laboratoriums stiege, ein umgekehrter Effect sich einstellen könnte. Der Fall war indess sehr selten. Ich brauche nicht zu sagen, daß ich alle mir zu Gebote stehenden Mittel anwandte, um die Temperatur des Laboratoriums so constant wie möglich zu halten.



14. Ehe ich weiter ging, wollte ich die Gewissheit haben, daß ich, bei Befolgung der angezeigten Vorsichtsmafsregeln, hinreichend genaue Resultate erlangen könnte. Da nun ein Instrument offenbar desto mehr Zutrauen verdient, je mehr die beim Gebrauche desselben erlangten Resultate mit anerkannt richtigen Gesetzen übereinstimmen, so unternahm ich eine Reihe Messungen, um das zweite Gesetz des Hrn. Edlund (I) zu prüfen. Ich mafe also die Ablenkungen, welche die beiden Extraströme erzeugten, wenn die inducirende Drahtrolle keinen Eisenkern enthielt.

Folgende Tafel enthält die von mir erlangten Resultate:

No. 2.

Stromrichtung	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette		Ausschlag beim Öffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage b. geschlossener Kette	Ausschlag beim	
									Schließen	Öffnen
+	493,8	512,1	493	493	474,1	493,8	512	592,6	18,7	19,3
+	493,8	475,2	496	496	514	493,4	475,2	596	19,45	19,1
+	493,1	512	493	493	473,8	493	512	493,1	18,95	19,2
+	493	473,8	493,5	493,5	512,2	492,9	473,2	493,2	19,6	19
+	492,9	512	493,2	493,2	474	492,8	512,0	493,9	18,8	19
+	492,8	472,8	491,2	491	511	492,8	472,4	490,9	19,4	19,2
+	492,7	511	492,1	492,1	473,6	492,7	511,3	492,2	18,55	18,8
+	492,5	473,8	493	493	511,5	492,5	473,5	492,7	19	18,7
+	492,1	510,6	492	492	473	492,1	511	492,8	18,6	19
+	492	472,2	490,5	490,2	509,8	491,9	471,8	489,4	19	18,8
+	491,9	510,7	492,3	492,8	473,8	491,8	511	493,7	18,45	18,55
+	491,8	471,5	489,3	489,1	509,2	491,8	471,4	488,9	19,05	18,8
+	491,4	508,6	488,6	488,8	471,3	491,4	508,8	489	18,45	18,7
+	491,4	474	494,5	494,2	511,6	491,3	473,5	494	18,9	18,7
+	491,3	509	489,9	490	472	491,3	509,1	490,3	18,3	18,6
+	491,2	473	492,8	492,4	510,4	491,1	472,8	492,4	18,9	18,6
+	491,1	509,7	491,0	491	472,6	491,1	509,3	491,2	18,4	18,4
+	491,1	472,9	492,1	491,9	510,1	491,1	472,3	491,5	18,8	18,6
+	491	509,8	491,1	491,2	472,8	491,1	509,4	491,4	18,5	18,4
+	491,1	472,2	491	491	509,9	491	472	491	18,9	18,9
+	491	509,9	492	492	473	491	510	492,1	18,5	18,5
+	491	472	490,6	490,3	509,2	491	471,9	490,6	18,9	18,6
+	490,9	509,8	492	492	473	490,8	509,8	491,8	18,5	18,5
+	490,8	471,8	490	490,3	509	490,8	471,3	489,5	18,8	18,6

In der vierten Columnne findet man die Gleichgewichtslage im Moment, da der erste Extrastrom zu wirken aufgehört hatte, und in der fünften Columnne die Gleichgewichtslage im Moment, da man die Kette öffnete. Um unabhängig zu seyn von den Intensitätsvariationen des induciren- den Stroms vergleicht man die beim Oeffnen der Kette erhaltene Ablenkung mit dem Mittel der beiden beim Schliesen erzeugten Ablenkungen, von denen die eine, in der dritten Columnne angegeben, dem Oeffnen vorangeht, und die andere, in der achten Columnne, demselben folgt. Dieses Mittel findet sich in der zehnten Columnne angegeben. Die elfte Columnne enthält die beim Oeffnen der Kette erhaltene Ablenkung. Die Zahlen der zehnten und elften Columnne mußten natürlich die durch die Gleichung (IV) angegebene Berichtigung erleiden. Für die zehnte Columnne ist die Gröfse  $u$  der Unterschied der in der dritten und vierten, so wie in der achten und neunten Columnne enthaltenen Zahlen, und die Gröfse  $x$  ist der Unterschied zwischen den Zahlen der zweiten und vierten, so wie zwischen denen der siebenten und neunten Columnne. Für die elfte Columnne erhält man die Gröfse  $u$ , wenn man den Unterschied zwischen den Zahlen der sechsten und siebenten Columnne nimmt, und die Gröfse  $x$ , wenn man den Unterschied zwischen den Zahlen der sechsten und achten Columnne nimmt.  $x$  ist positiv, wenn die Nadel von einem Punkte ausgeht, welcher rücksichtlich der neuen Gleichgewichtslage, auf entgegengesetzter Seite von dem liegt, gegen welchen sie sich richtet.

Die erhaltenen Resultate können folgendermassen geordnet werden:

## No. 3.

Ausschlag während die Stromrichtung war

positiv | negativ  
beim

Schliessen	Oeffnen	Schliessen	Oeffnen
18,7	19,3	19,45	19,1
18,95	19,2	19,6	19
18,8	19	19,4	19,2
18,55	18,8	19	18,7
18,6	19	19	18,8
18,45	18,55	19,05	18,8
18,45	18,7	18,9	18,7
18,3	18,6	18,9	18,6
18,4	18,4	18,8	18,6
18,5	18,4	18,9	18,9
18,5	18,5	18,9	18,6
18,5	18,5	18,8	18,6
Mittel 18,56	18,74	19,06	18,8

Die vom Extrastrom bewirkte Ablenkung war also beim  
Oeffnen der Kette

wenn der Strom positiv war	18,74
„ „ „ negativ „	18,8
Mittel	18,77

und beim Schliessen der Kette

wenn der Strom positiv war	18,56
„ „ „ negativ „	19,06
Mittel	18,81

Man sieht, der Unterschied dieser beiden Mittel liegt  
unterhalb der Beobachtungsfehler.

Hr. Edlund hat, ebenso verfahren, gefunden  
für die Ablenkung beim Oeffnen 28,26  
„ „ „ „ Schliessen 28,40

Die Zahlen 18,74 und 18,8 weichen so wenig von ein-  
ander ab, dass man die Ablenkungen für den zweiten Ex-  
trastrom, der Strom mag positiv oder negativ seyn, als  
gleich betrachten kann. Diefs gilt nicht für den ersten  
Extrastrom; die Ablenkung ist gröfser bei negativem Strom  
als bei positivem. Diefs stimmt mit dem, was wir in (7)  
gesehen haben.

15. Nachdem ich mich sonach überzeugt hatte, daß ich, bei Befolgung der nöthigen Vorsichtsmaßregeln, mit meinen Instrumenten zum wenigsten eben so genaue Resultate wie Hr. Edlund erlangen konnte, schritt ich zur Untersuchung der Aufgaben, die ich mir gestellt hatte. Ich begann damit, die Ablenkungen zu messen, die man beim Schließsen und Oeffnen der Kette erhält, *wenn in der Axe der Drahtrolle ein Eisenkern befindlich ist.* Ich wandte hier dieselbe Drahtrolle an wie bei meinen früheren Versuchen. Der Eisenkern, den ich hineinsteckte, bestand aus einem Bündel Eisendrähte. Es war der Eisenkern mit dem Hr. Ruhmkorff seine Inductoren versieht. Der Strom war der eines sehr kleinen und sehr schwach geladenen Daniell'schen Elementes.

## No. 4.

Stromrichtung	Gleichgewichtslage bei offner Kette	Ausschlag beim Schließsen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette		Ausschlag beim Oeffnen	Gleichgewichtslage bei offner Kette	Ausschlag beim Schließsen	Gleichgewichtslage b. geschlossener Kette	Ausschlag beim	
									Schließsen	Oeffnen
+	494,2	520	494,1	494,1	468,1	494,5	520,6	493,8	26,1	26,2
-	494,1	467,8	494,4	494,5	521,1	494,1	467,2	494,8	26,8	26,8
+	494	521,9	494,2	494,2	466,1	494	522,2	494,6	27,85	28
-	494,3	465,7	494	494	522,8	494,1	465,1	493,8	28,7	28,8
+	494	522,9	493,4	493,5	465	494,8	523,7	493,9	29,25	29,1
-	494,4	464,8	494,9	494,9	521,7	494,7	464,8	494,9	29,9	29,9
+	494,1	523,9	493,4	493,3	463,7	493,9	523,8	493,4	30,2	29,9
-	494,4	464,4	495,1	495,1	525	494,7	464,8	495,3	30,25	30,1
+	494,4	524,3	494,1	494,1	464,1	494,3	524,2	494,1	30	30,1
-	494,4	464,3	494,5	494,2	524,2	494,1	464,1	494,1	30,05	30
+	494,1	524,2	494,1	494,1	464,1	494	524	494,1	30,05	30
-	494	464	494	494	523,9	494,3	464,4	494,1	29,9	29,8
+	494,8	524,3	494,9	494,9	465,2	494,2	523,8	494,3	29,55	29,4
-	493,8	464	493	493	522,7	493,7	464,2	493,2	29,35	29,4
+	491,2	523,3	491,4	491,4	459,1	491,6	524,2	491,7	32,3	32,4
-	492,1	458,6	492,2	492,1	525,9	492,1	458,2	492,2	33,7	33,8
+	492,1	526,2	492,1	492,1	457,9	492,3	526,8	492,1	34,35	34,3
-	492,4	457,7	492,7	492,7	527,3	492,3	457,2	492,6	35	34,8
+	492,1	527,1	491,9	491,9	456,9	492,2	527,3	492	35,15	35,1
-	492,2	456,8	492,4	492,4	527,9	492,1	456,8	492,3	35,45	35,6
+	492	527,7	492	492	456,3	492,2	527,9	492,1	35,7	35,8
-	492,3	456,4	492,7	492,7	528,3	492,3	456,7	492,6	35,9	35,8
+	492,6	528,2	492,5	492,4	456,7	492,4	528,2	492,4	35,7	35,7
-	492,7	456,8	492,8	492,7	528,7	492,7	457	492,8	35,8	36

Die erhaltenen Resultate können folgendermaßen angeordnet werden:

## No. 5.

Ausschlag während die Stromrichtung war

positiv | negativ  
beim

Schließen	Oeffnen	Schließen	Oeffnen
26,1	26,2	26,8	26,8
27,85	28	28,7	28,8
29,35	29,1	29,9	29,9
30,2	29,9	30,25	30,1
30	30,1	30,05	30
30,05	30	29,9	29,8
29,55	29,4	29,35	29,4
32,3	32,4	33,7	33,8
34,35	34,3	35,0	34,8
35,15	35,1	35,45	35,6
35,7	35,8	35,9	35,8
35,7	35,7	35,8	36,0
Mittel 31,36	31,33	31,73	31,73

Man sieht, daß die Intensität des inducirenden Stromes stets im Wachsen war. Dadurch erklärt sich auch das Mittel, welches man für die durch den zweiten Extrastrom erzeugte Ablenkung erhielt, als der Strom positiv, und als er negativ war.

Die durch den Extrastrom beim Oeffnen der Kette erzeugte Ablenkung wird also

als der Strom positiv war	31,33
„ „ „ negativ „	31,73
Mittel	31,53.

Beim Schließen der Kette war die Ablenkung

als der Strom positiv war	31,36
„ „ „ negativ „	31,73
Mittel	31,545.

Der Unterschied zwischen den Zahlen 31,53 und 31,545 ist so klein, daß ich glaube schließen zu dürfen:

*Wenn ein Metalldraht, den ein constanter galvanischer Strom durchläuft, so gestaltet ist, daß er eine in seiner Nähe befindliche Eisenmasse magnetisiren kann, so*

sind die Elektricitätsmengen, welche man darin durch Induction beim Schliessen und beim Oeffnen der Kette in Bewegung setzt, einander gleich.

16. Daraus, dass der Extrastrom dieselbe Wirkung auf die Galvanometernadel ausübt, wenn man die Kette öffnet und wenn man sie schließt, folgt keineswegs, dass man annehmen dürfe, der Extrastrom habe in den beiden Fällen dieselbe Intensität, wenigstens wenn man dies Wort in seiner gewöhnlichen Bedeutung nimmt, unter Intensität des Stroms die Elektricitätsmenge versteht, die in der Zeiteinheit durch irgend einen Querschnitt der Kette fließt. Die eben beigebrachten Versuche beweisen bloß, dass wir für die beiden Extrastrome haben:

$$\int_0^{\vartheta} i dt = \int_0^{\vartheta'} i' dt \dots (V)$$

wo  $i$  und  $i'$  für irgend ein Moment die Intensität des ersten und des zweiten Extrastromes bezeichnen, und  $\vartheta$  die Dauer des ersten,  $\vartheta'$  die des zweiten Stromes ist.

Angenommen, was gerade nicht wahrscheinlich ist, dass die beiden Größen  $i$  und  $i'$  constant seyen, giebt die Gleichung (V)

$$i\vartheta = i'\vartheta'$$

woraus, von dieser Annahme ausgehend, folgt, dass  $i$  nur in dem Falle  $i'$  gleich wäre, wo  $\vartheta = \vartheta'$ , d. h. in dem Fall, wo die beiden Ströme gleiche Dauer hätten. Giebt man nicht die Annahme zu, dass die Intensitäten beider Ströme constant seyen, betrachtet sie vielmehr als Functionen der Zeit, so kann man, selbst im Fall, wo die beiden Ströme gleiche Dauer hätten, nicht aus der Gleichung (V) ableiten, dass sie gleiche Intensität haben.

Obgleich es, im gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft, nicht möglich erscheint, die Intensität eines Extrastromes für jeden Augenblick seiner Dauer zu bestimmen, so kann man doch entscheiden, ob die beiden Extrastrome als identisch betrachtet werden müssen, wenn sie dieselben

Functionen der Zeit sind. In der That, wenn in der Gleichung

$$\int_0^{\vartheta} i dt = \int_0^{\vartheta'} i' dt$$

$i = i' = \varphi(t)$ , muß  $\vartheta = \vartheta'$ . Allein in diesem Falle müssen wir auch haben

$$\int_0^{\vartheta} i^2 dt = \int_0^{\vartheta'} i'^2 dt$$

Glücklicherweise können wir nun entscheiden, ob diese Gleichung richtig sey. Das Dynamometer des Hrn. Weber ist nämlich, wie man weiß, ein Instrument, in welchem die ausgeübte Wirkung proportional ist dem Quadrat der Intensität des dasselbe durchlaufenden Stromes, und daraus folgt, daß ein Strom von sehr kurzer Dauer, den man durch dasselbe leitet, der beweglichen Drahtrolle einen Impuls mittheilt, der proportional ist dem Integral der Wirkungen, die er während der successiven Augenblicke seiner Dauer ausübt. Daraus folgt dann, daß die erzeugte Ablenkung proportional seyn wird

$$\int_0^{\vartheta} i^2 dt.$$

Ist es uns demnach gelungen, unsere Apparate so einzurichten, daß nur die Extraströme das Dynamometer durchlaufen können, so werden wir zu entscheiden vermögen, ob die beiden Extraströme als gleich zu betrachten seyen.

Nun erhält man diese Einrichtung, wenn man die beiden Enden des Dynamometerdrahtes verbindet mit zwei Punkten  $M$  und  $N$ , die auf den Leitern  $cd$  und  $mu$ , Fig. 1, Taf. V genommen und so gelegen sind, daß man habe:

$$r_1 : r_2 = r_3 : r_4 \dots (\alpha)$$

wo  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ ,  $r_4$  die Widerstände von  $aBM$ ,  $Mdefg$ ,  $aFN$  und  $Nopg$  vorstellen. In diesem Falle sind die Ablenkungen, welche man beobachtet, wenn man einen bei  $a$  ein- und bei  $g$  austretenden Strom herstellt und unter-



bricht, allein bewirkt durch die elektromotorische Kraft, die in der Drahtrolle  $B$  erzeugt wird, und sie sind ganz unabhängig von der directen Wirkung des inducirenden Stromes.

In der That nennen wir  $r_0$  den Widerstand des Zweiges  $MN$ , welcher das Dynamometer enthält, und  $r$  den Widerstand des Zweiges  $ag$ , welcher den galvanischen Apparat, der den inducirenden Strom hergibt, einschließt. Seyen überdies  $e$  die elektromotorische Kraft dieses Elektromotors,  $e'$  diejenige, welche in  $B$  wirkt, und bezeichnen wir durch  $i, i_0, i_1, i_2, i_3, i_4$  die Intensität des Stromes, welcher in den Zweigen  $r, r_0, r_1, r_2, r_3, r_4$  kreist, so haben wir nach dem Ohm'schen Gesetz:

$$i_1 = i + i_3 \dots (a)$$

$$i_1 = i_2 + i_0 \dots (b)$$

$$i_3 = i_0 + i_4 \dots (c)$$

und nach dem Princip des Hrn. Kirchhoff

$$i_0 r_0 + i_1 r_1 + i_3 r_3 = e' \dots (d)$$

$$i r + i_1 r_1 + i_2 r_2 = e + e' \dots (e)$$

$$i_2 r_2 + i_4 r_4 - i_0 r_0 = 0 \dots (f)$$

Durch Elimination von  $i_2$  und  $i_3$  verändern sich diese Gleichungen in:

$$i_0 + i - i_1 + i_4 = 0 \dots (g)$$

$$i_0 r_0 - i r_3 + i_1 (r_1 + r_3) = e' \dots (h)$$

$$-i_0 r_2 + i r + i_1 (r_1 + r_2) = e + e' \dots (i)$$

$$-i_0 (r_0 + r_2) + i_1 r_2 + i_4 r_4 = 0 \dots (k)$$

Die Gleichungen (g) und (k) geben durch Elimination von  $i_4$

$$-i_0 (r_0 + r_2 + r_4) + i r_4 + i_1 (r_2 + r_4) = 0 \dots (l)$$

und dann  $i$  und  $i_1$  zwischen (h), (i) und (l) eliminirend erhält man:



Da das zweite Glied dieser Gleichung weder  $e$  noch  $r$  enthält, so folgt, daß der Werth von  $i_0$  ganz unabhängig ist von diesen beiden Gröſsen. Der inducirende Strom hat also keinen Einfluß auf die Ablenkungen des Dynamometers und die beiden Extraströme üben Wirkungen aus, die direct vergleichbar sind.

Wie wir gesehen, müssen die Temperaturveränderungen, welche der inducirende Strom erzeugt, die relativen Werthe der Gröſsen  $r$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  und  $r_4$  abändern. Directe Versuche haben mir jedoch gezeigt, daß diese Veränderungen nicht so beträchtlich sind, daß dadurch der durch  $r_0$  gehende Zweigstrom je eine solche Intensität erlange, um die bewegliche Drahtrolle des Dynamometers merklich abzulenken. Ich habe auch gefunden, daß dieses Instrument nicht die Ströme angiebt, die durch die Ablenkungen der Magnetnadel in den Galvanometerdrähten inducirt werden. Diese Ströme neutralisiren sich hinreichend. Das Dynamometer, dessen ich mich bediente, ist von Hrn. Ruhmkorff verfertigt worden. Es ist, was seine Haupttheile betrifft, dem Instrument ähnlich, welches Hr. Weber in den *elektrodynamischen Maafsbestimmungen* S. 218 beschrieben hat. Hr. Ruhmkorff hat es nur in einigen Nebendingen abgeändert; unter anderen können die oberen Rollen, welche die beiden Drähte tragen, an denen die bewegliche Drahtrolle hängt, nach Belieben näher und ferner gestellt werden. Die Zahl der Windungen in der beweglichen Drahtrolle ist überdies geringer als bei dem Weber'schen Instrumente.

Da der Widerstand der Luft und die von der erdmagnetischen Kraft inducirten Ströme die einzigen Kräfte sind, welche die Schwingungen der beweglichen Drahtrolle, wenn ein instantaner Strom sie aus ihrer Gleichgewichtslage abgelenkt hat, zu beruhigen streben, so folgt, daß sie erst nach einer sehr groſsen Zahl von Schwingungen in diese Lage zurückkehrt. Die Mittel, durch welche man die Amplitude der Schwingungen auf ziemlich rasche Weise beträchtlich verringern kann, sind leicht zu ersinnen; allein

um sie vollständig zu vernichten, ist weit mehr Zeit erforderlich. Müßte man also, vor dem Beginn eines neuen Versuches, warten bis die Drahtrolle vollständig in ihrer Gleichgewichtslage zu Ruhe gekommen wäre, so würden die verschiedenen Beobachtungen nothwendig durch sehr beträchtliche Zeiträume von einander getrennt seyn. Indefs kann diese Schwierigkeit leicht beseitigt werden. Gesetzt nämlich die bewegliche Drahtrolle sey in Bewegung, und man öffne oder schliesse die Kette im Moment, da sie durch ihre Gleichgewichtslage geht, und man beobachte die Elongation  $u$  z. B. nach der Linken. Notirt man nun die Elongation  $u_1$  nach der Rechten, die dem Moment der Erzeugung des Extrastromes vorangeht, so ist klar, daß der Impuls, den die Drahtrolle im Moment ihres Durchgangs durch die Gleichgewichtslage erhält, proportional seyn wird:

$$u - u_1 e^{-\alpha t}$$

wo  $e^{-\alpha t}$  die Gröfse ist, deren Logarithmus das logarithmische Decrement des Systems ausmacht. Man sieht also, daß es leicht ist, die beobachteten Ablenkungen vergleichbar zu machen. Man braucht nur davon die Gröfse  $u_1 e^{-\alpha t}$  abzuziehen.

Es wurde also erfordert, daß die Gröfse  $e^{-\alpha t}$  bekannt war, jedoch nicht mit großer Genauigkeit, da die Gröfsen  $u_1$ , welche in meine Rechnungen eintraten, immer sehr klein waren. Ich bestimmte sie jedoch nach der von Hrn. Weber befolgten Methode (*elektrodynamische Maafsbestimmung* S. 273), welche dieselbe ist, die Gauss in den „*Resultaten des magnetischen Vereins* i. J. 1837“ gegeben hat.

Die folgende Tafel enthält die von mir erhaltenen Resultate. Die Enden des Dynamometerdrahts waren verknüpft mit den Punkten  $M$  und  $N$ , Fig. 1, Taf. V, allein zwischen den Punkten  $a$  und  $g$  fand keine directe Verbindung statt.

Der Abstand des Spiegels von der Scale betrug, wie bei den folgenden Versuchen, 2<sup>m</sup>,3819.

## No. 6.

Beobachtungen zur Bestimmung der Abnahme des Schwingungsbogens der Bifilarrolle des Dynamometers.

Schwingung No.	Schwingungsbogen	Logarithmen
0	131,69	2,1195528
78	55,83	1,7468676
100	43,87	1,6421676
139	28,17	1,4497868
178	18,36	1,2638727

Jede Horizontalzeile ist das Mittel aus sieben Beobachtungen, d. h. aus sieben Elongationen, genommen zu beiden Seiten der Gleichgewichtslage.

Durch gehörige Combinationen der Zahlen der dritten Columnne erhält man als mittleren Werth

$$\log e^{-\pi} = 9,9951815 - 10 = \log 0,98896645.$$

Da man bei diesen Beobachtungen für nicht mehr als ein Zehntel-Millimeter eintreten kann, so folgt daraus, dass man annehmen dürfe:

$$e^{-\pi} = 1,$$

sobald  $u_1$  nicht 5 Millimeter überschreitet. Bei meinen Beobachtungen ging aber  $u_1$  selten über ein Millimeter hinaus.

Es schien mir unnütz, das logarithmische Decrement für den Fall zu bestimmen, wo die Punkte  $a$  und  $g$  mit den Elektroden eines galvanischen Apparates verbunden sind.

16. Wünschend, dass bei diesen Versuchen die Kette unter möglichst identischen Umständen geschlossen und geöffnet werden möge, glaubte ich folgende Experimentirweise anwenden zu müssen.

Ich habe bei  $K$ , Fig. 3, Taf. V, den Unterbrecher angebracht, der von mir in diesen Annalen Bd. 97, S. 69 beschrieben ist, der aber hier anders functionirte. Er besteht hauptsächlich aus einem hufeisenförmigen Elektromagnet  $xx'$  und einem isolirten Hebel  $yy'$ . An einem Ende dieses Hebels ist eine kleine Eisenstange  $ww'$  horizontal befestigt, und das andere Ende desselben ist versehen mit

einem kleinen lothrechten Stift in Form eines Bleistiftes. Unterhalb dieses Stiftes befindet sich ein ganz ähnlicher, welcher befestigt ist an dem Ende einer Metallzunge, deren anderes Ende mittelst einer Schraube auf dem Brett des Instruments festsetzt. Dieß Ende ist mit einer Klemmschraube  $z$  versehen. Jeder Stift enthält einen Platindraht, deren einer als Amboss und der andere als Hammer dient. In  $\alpha$  befindet sich ein Glasbecher mit Quecksilber, in welches ein Eisendraht taucht, der in  $\beta$  an den Metallhebel  $yy'$  gelöthet ist. Neben diesem Rheotom steht der Apparat  $O$ , der in Fig. 4, Taf. V für sich abgebildet ist.  $AB$  ist ein Brett, in welchem drei Gruben  $h$ ,  $q$  und  $n$  ausgetieft sind, bestimmt zur Aufnahme von Quecksilber. In diese drei Gruben tauchen mit einem ihrer Enden die Kupferdrähte  $vh$ ,  $af$  und  $il$ , die an ihren entgegengesetzten Enden mit den Klemmschrauben  $k_6$ ,  $k_8$  und  $k_2$  versehen sind. Ueberdies ist in das Brett ein Kupferdraht  $bcd$  eingelassen, an welchem die beiden Klemmschrauben  $k_1$  und  $k_5$  befestigt sind. An die Drähte  $ef$  und  $bcd$  sind zwei verticale, mit den Klemmschrauben  $k_3$  und  $k_4$  versehene Kupferdrähte gelöthet.  $tu$  ist ein hölzerner Hebel, dessen einer Arm durch die Springsfeder  $C$  beständig von unten nach oben getrieben wird; derselbe Arm ist mit einer Schnur  $\delta\epsilon$  versehen, welche der Experimentator mit dem Fulse anziehen kann, wenn der Hebel sich senken soll. Auf der oberen Seite des Hebels ist ein Kupferdraht  $mn$  eingelassen, versehen am Ende  $m$  mit einer Klemmschraube  $k_7$ ; ein anderer Kupferdraht  $opq$  durchsetzt den Hebel; die beiden Drähte sind so vorgerichtet, daß, wenn der Hebel gesenkt wird, das Ende  $n$  eher in das Quecksilber taucht als der Contact zwischen den Enden des Drahtes  $oq$  und dem in den Gruben  $h$  und  $g$  befindlichen Quecksilber statthaben kann. Indefs ist der Zeitraum zwischen diesen beiden Contacten so klein wie möglich gemacht. Folgendes ist nun die Art, wie die beiden Rheotome  $K$  und  $O$  mit einander und mit den verschiedenen Theilen der übrigen Apparate verbunden waren.

Die Klemmschrauben  $k_1$  und  $k_2$  standen in Verbindung mit den Klemmschrauben  $i$  und  $h$  des Commutators  $D$ , Fig. 1, Taf. V. Die Klemmschraube  $k_3$  trug einen Eisen draht, der in das Quecksilber des Napfes  $\alpha$  tauchte. Ein Leiter  $J$ , dessen Widerstand gleich war demjenigen, den der inducirende Strom, wenn er einen Extrastrom erzeugte, auferhalb des Rheotoms  $O$  antraf, vereinigte die Klemmschrauben  $k_5$  und  $k_6$ . Zwei Leiter, die von den Klemmschrauben  $k_4$  und  $z$  ausgingen, endigten in den Punkten  $a$  und  $g$  der Fig. 1, Taf. V.

In  $G$  befindet sich ein Elektromotor, alleinig bestimmt, den Rheotom  $K$  spielen zu lassen. Zu dem Ende steht der Draht, welcher den Elektromagnet  $xx'$  umgiebt, durch das eine Ende in Verbindung mit der Klemmschraube  $k_8$ , durch das andere mit einer der Elektroden des Apparates  $G$ . Die zweite Elektrode ist mit der Klemmschraube  $k_7$  verbunden.

Gesetzt nun, der Hebel des Rheotoms  $O$  sey noch nicht herabgezogen, befinde sich also in der Lage, welche Fig. 4, Taf. V abbildet. In diesem Fall ist offenbar die Kette, zu welcher der Elektromotor  $G$  gehört, in  $n$  unterbrochen. Der Elektromagnet  $xx'$  kann noch nicht auf den Eisenstab  $ww'$  wirken und es ist zwischen den beiden in  $y'$  vorhandenen Platindrähten Contact vorhanden. Ein von  $k_3$  ausgehender Strom kann folglich in den verschiedenen Theilen des Apparates Fig. 1 umherkreisen, um durch  $g$  wieder in die Klemmschraube  $k_4$  einzutreten. Diefs gesetzt, ziehe man den Hebel  $tu$  herab, und untersuche, was geschehen werde im Moment, da, in Fig. 4, das Ende des Drahts  $mn$  das in der Grube  $l$  befindliche Quecksilber berührt, bevor die beiden Enden des Drahtes  $opq$  in das Quecksilber der Gruben  $h$  und  $q$  tauchen. In diesem Moment ist der Strom des Apparates  $G$  geschlossen, und die Magnetkraft, welche der Elektromagnet  $xx'$  erlangt, zieht den Stab  $ww'$  herunter, wodurch das Contact zwischen den beiden in  $y$  befindlichen Platindrähten unterbrochen wird; folglich wird der inducirende Strom unterbrochen seyn und



der zweite Extrastrom wird auf die bewegliche Drahtrolle des Dynamometers wirken können. Klar ist, daß während des von uns betrachteten Moments der Strom des Elektromotors *A* nicht in dem Leiter *J* wird circuliren können, weil zwischen den beiden Gruben *h* und *q* keine metallische Verbindung besteht; allein dieser Moment hat nur eine sehr kurze Dauer, denn da der Hebel seine herabgehende Bewegung fortsetzt, so kommen die Enden des Drahts *opq* bald in Contact mit dem Quecksilber der Gruben *h* und *q*, und dadurch wird der Strom des Apparates *A* in den Stand gesetzt, den Leiter *J* zu durchlaufen. Sobald der Fuß des Beobachters die Schnur  $\delta\epsilon$  verläßt, wird der Hebel durch die Sprungfeder *C* gehoben. Die in die Gruben *h*, *q* und *n* getauchten Drähte verlassen dieselben, aber es ist einleuchtend, daß die Verbindung zwischen den beiden Gruben *h* und *q* eher unterbrochen seyn wird als die, welche zwischen der Grube *l* und dem Draht *mn* besteht. Es wird also noch einen, obwohl sehr kurzen Zeitraum geben, während dessen der Strom des Apparates *A* vollständig aufgehoben seyn wird. Sowie indeß das Ende *n* die Grube *l* verläßt, findet sich der Strom des Elektromotors *G* unterbrochen. Der Elektromagnet  $\alpha\alpha'$  verliert seine Magnetkraft, der Stab  $ww'$  hört auf angezogen zu werden; und dadurch sinkt der in *y'* befindliche Hammer auf seinen Ambos hinab; folglich wird der inducirende Strom wiederhergestellt und man bekommt den ersten Extrastrom. Aus der eben gegebenen Darstellung geht hervor, daß es immer Momente giebt, während welcher die Wirkung des galvanischen Apparates *A* aufgehoben ist, und während welcher also die entstandene galvanische Polarisation abnehmen muß. Jedoch sind diese Intervalle sehr kurz, jedenfalls kürzer als die, während welcher die galvanische Wirkung unterbrochen wäre, wenn man sich bloß des in Fig. 2, Taf. V abgebildeten Commutators bedient hätte. Wir haben aber gesehen, daß während dieser letzteren Intervalle die galvanische Polarisation nicht merklich abnahm.

17. Die Inductionsrolle, deren ich mich bei diesen Versuchen bedient habe, ist die schon (9) angewandte.

Um endlich von den Intensitätsveränderungen des inducirenden Stromes unabhängig zu seyn, verglich ich die beim Schliessen der Kette erhaltene Ablenkung mit dem Mittel der beiden Ablenkungen, welche durch das Oeffnen des Stromes hervorgebracht wurden. Von diesen beiden Beobachtungen ging die erstere dem Oeffnen voraus, die zweite folgte dem Extrastrom, der durch das Schliessen des inducirenden Stromes erzeugt wurde. Da die Gleichgewichtslage der Drahtrolle nicht unverändert blieb, so war ich genöthigt, sie von Zeit zu Zeit zu bestimmen.

Folgende Resultate wurden erhalten, als die Drahtrolle keinen Eisenkern enthielt. Der inducirende Strom wurde von sechs Daniell'schen Elementen erzeugt.

## No. 7.

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunkts	Extrastrom erhalten durch:	Elongation vor dem Durchgang durch den Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung	
				beobachtet	berichtigt
439,175	Oeffnen	439,5	437,7	1,47	1,15
	Schliessen	439,4	431,7	7,47	7,25
	Oeffnen	439,7	437,4	1,77	1,25
439,15	Oeffnen	439,5	437,4	1,75	1,4
	Schliessen	439,6	431,8	7,35	6,9
	Oeffnen	439,5	437,4	1,75	1,4
	Schliessen	439,4	431,9	7,25	7
	Oeffnen	439,6	437,7	1,45	1
	Schliessen	439,2	431,5	7,65	7,6
	Oeffnen	439,4	437,6	1,55	1,3
	Oeffnen	439,4	437,3	1,7	1,3
	Schliessen	439,5	431,4	7,6	7,1
439	Oeffnen	439,3	437,4	1,6	1,3
	Schliessen	439,3	432	7	6,7
	Oeffnen	439,4	437,3	1,7	1,3
	Schliessen	439,3	431,3	7,7	7,4
	Oeffnen	439,4	437,2	1,8	1,4

Man erhielt also folgende Resultate:

## Ablenkungen

beim Oeffnen der Kette.	beim Schließen der Kette.
1,2	7,25
1,4	6,9
1,2	7
1,15	7,6
1,3	7,1
1,3	6,7
1,15	7,4
Mittel 1,24	7,14

Die eben gefundenen Zahlen zeigen, daß die beiden Größen

$$\int_0^{\infty} i^2 dt \text{ und } \int_0^{\infty} i'^2 dt$$

nicht gleich sind, beweisen vielmehr, was ich, ich gestehe, weit entfernt war vorauszusehen, daß die erste GröÙe die zweite übertrifft. Im vorliegenden Fall haben wir:

$$\int_0^{\infty} i^2 di = 5,76 \int_0^{\infty} i'^2 dt$$

Könnten wir annehmen, daß die Intensität eines Extrastromes während seiner ganzen Dauer constant sey, so würden wir haben:

$$i \vartheta = i' \vartheta'$$

$$i^2 \vartheta = 5,76 i'^2 \vartheta'$$

also

$$i = 5,76 i'$$

und wir hätten bewiesen, daß, im Allgemeinen, die Intensität des Extrastroms, welchen man durch Schließen des inducirenden Stroms erhält, viel größer ist als die Intensität des Extrastroms, der durch Oeffnen der Kette entsteht, während die Dauer dieser beiden Extrastrome sich umgekehrt wie die Intensitäten verhalten. Im vorliegenden Fall war der erste Extrastrom 5,76, stärker als der zweite, allein seine Dauer war um eben so viel kürzer.

18. Nachdem ich einen Eisenkern (15) in die Inducionsrolle gesteckt, erhielt ich mittelst des Stromes von vier

Daniell'schen Elementen die in nachstehender Tafel angegebenen Resultate.

## No. 8.

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunkts	Extrastrom erhalten durch:	Elongation vor dem Durchgang durch den Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung	
				beobachtet	berichtigt
Erste Reihe.					
438,41	Oeffnen	438,7	420,3	18,11	17,82
	Schliessen	439,1	355,1	83,31	83,62
	Oeffnen	438,8	420	18,41	18,02
	Schliessen	439,1	351	87,41	87,72
	Oeffnen	439	419,7	18,71	18,12
	Schliessen	439,1	376	62,41	61,72
	Oeffnen	439,1	419,2	19,21	18,52
	Schliessen	439,2	371	67,41	67,62
	Oeffnen	439,1	419,6	18,81	18,12
	Schliessen	439,2	374	74,41	67,62
	Oeffnen	439	419,6	18,81	18,02
	Schliessen	439,1	355	83,41	83,72
Oeffnen	438,8	420	18,41	17,72	
Zweite Reihe.					
437,97	Oeffnen	438,3	420	17,97	17,64
	Schliessen	438,9	364,2	73,77	72,84
	Oeffnen	438,9	419,2	18,77	17,84
	Schliessen	438,8	376,8	61,17	60,34
	Oeffnen	438,7	419,7	18,27	17,44
	Schliessen	438,6	368,2	69,77	69,14
	Oeffnen	438,5	419,2	18,77	18,24
	Schliessen	438,4	375,8	62,17	61,74
	Oeffnen	438,1	419,7	18,27	18,14

Wir erhielten also folgende Resultate:

Ablenkungen	
beim Oeffnen der Kette.	beim Schliessen der Kette.
Erste Reihe.	
17,92	83,62
18,07	87,72
18,32	61,72
18,32	67,62
18,07	67,62
17,87	83,72
Mittel 18,09	75,337

Ablenkungen	
beim Oeffnen der Kette.	beim Oeffnen der Kette.
Zweite Reihe.	
17,74	72,84
17,64	60,34
17,84	69,14
18,19	61,74
Mittel 17,85	66,01

Auf die Unterschiede, welche die Zahlen der zweiten Columnne darbieten, werde ich später zurückkommen. Obgleich sie beträchtlich sind, ist nichts desto weniger klar, daß, *im Fall die Drahtrolle einen Eisenkern einschließt, der Extrastrom, den man durch Schließen des inducirenden Stroms erhält, eine viel größere Intensität besitzt als der Extrastrom, welcher beim Oeffnen der Kette entsteht.* Das Verhältniß dieser beiden Intensitäten war, im Mittel, bei der ersten Reihe 100:24, und bei der zweiten 100:27.

19. Die Aufgabe, deren experimentelle Lösung mich hierauf beschäftigt hat, ist diese: Wird die Elektrizitätsmenge, welche beim Oeffnen oder beim Schließen einer Kette durch Induction in einem zu dieser Kette gehörigen Leiter in Bewegung geräth, modificirt, wenn der inducirende Strom zu gleicher Zeit einen inducirten Strom in einem benachbarten Leiter hervorruft.

Es leuchtet ein, daß das Weber'sche Galvanometer, eingerichtet wie vorhin, mir eine Antwort auf diese Frage geben mußte.

Bei diesen Versuchen kreiste der inducirte Strom, dessen Einfluß auf den Extrastrom ich untersuchen wollte, in einer Inductionsrolle, gebildet von ungefähr achttausend Windungen eines Kupferdrahtes von einem Drittel-Millimeter im Durchmesser. Diese Drahtrolle umgab die inducirende Rolle, welche dieselbe war, die ich bei den vorhergehenden Versuchen gebrauchte. Das Schließen der Inductionsrolle geschah durch einen Kupferdraht, dessen Widerstand als unendlich klein gegen diese Rolle betrachtet werden konnte.

Ich gebrauchte den Unterbrecher *K*, Fig. 3, Taf. V zum Oeffnen und Schliesen des inducirenden Stromes; allein, da ich den Apparat *O* noch nicht hatte anfertigen lassen, so schloß ich die Kette, in welcher sich der Elektromotor *G* befand, dadurch, daß ich zwei Metalldrähte, von denen der eine zum Elektromotor *G*, der andere zum Näpfchen *a* führte, mit einem ihrer Enden in ein Näpfchen voll Quecksilber tauchte. Ich unterbrach den Strom, indem ich die in das Quecksilber getauchten Drähte zu demselben herauszog. Ich brauche nicht zu sagen, daß bei dieser Einrichtung die durch das Schliesen des inducirenden Stromes erzeugten Extraströme den durch das Oeffnen des Stromes erregten Extraströmen überlegen seyn mußten. Diefs ist jedoch kein Uebelstand, da wir bloß wissen wollen, ob die Elektrizitätsmenge, die durch ihre Bewegung den Extrastrom darstellt, sich ändert wenn man die (secundäre) Inductionsrolle schließt, d. h. sie so vorrichtet, daß ein Inductionsstrom in ihr circuliren kann.

Folgende Tafel enthält die Resultate, welche ich mit einem inducirenden Strom, hervorgebracht von drei Daniell'schen Elementen, erhielt. Die Drahtrolle enthielt keinen Eisenkern.

No. 9.

Stromrichtung	Secundäre Drahtrolle	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Anschlag beim Schliesen	Gleichgewichtslagen bei geschlossener Kette		Anschlag beim Oeffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Berichtigter Ausschlag beim	
								Schliesen	Oeffnen
+	Offen	499,8	526,2	499,9	500,0	472,3	499,5	26,4	27,5
+	Geschlossen	499,5	526,8	501	501,2	473,2	499,4	26,6	27,2
+	Offen	499,4	527,2	502,3	502,5	474	499,5	26,5	27,1
-	Offen	499,3	471,8	500	499,9	526,3	498,8	27,8	27,4
-	Geschlossen	498,5	470,5	498,8	498,5	525,1	498,3	28,1	26,7
-	Offen	498,7	470	498	497,7	525	498,6	28,2	26,9
+	Geschlossen	498,6	525	498,9	499	472,3	498,4	26,3	26,4
+	Offen	498,4	525,3	500	500,4	473	498,1	26,2	26,3
+	Geschlossen	498,1	525,8	501	501	473	498	26,4	26,6





Stromrichtung	Secundäre Drahtrolle	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette		Ausschlag beim Öffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Berichtigter Ausschlag beim	
								Schließen	Öffnen
+	Geschlossen	496,2	524,6	500,0	500,0	471,3	496,2	26,6	26,9
+	Offen	496,2	524,8	500,2	500,2	471,8	496,6	26,7	26,7
+	Geschlossen	496,6	525,7	501,7	502,0	472,1	496,4	26,7	27,3
—	Geschlossen	497,4	470,2	499,5	499,2	525,4	497,2	28,1	27,1
—	Offen	497,3	470,2	500,0	500,0	525,8	497,2	28,3	27,1
—	Geschlossen	497,2	470,1	499,7	499,5	525,8	497,2	28,2	27,3
+	Offen	497,2	523,2	496,3	496,4	469,8	497,0	26,4	26,9
+	Geschlossen	497,0	522,9	496,0	496,0	469,8	497,0	26,4	26,7
+	Offen	497,0	522,9	496,0	496,0	469,5	496,9	26,4	26,9
—	Offen	496,9	469,9	499,2	499,0	525,0	496,9	28	26,9
—	Geschlossen	496,9	469,2	498,1	498,0	524,2	496,7	28,2	26,8
—	Offen	496,7	469,1	498,0	498,0	524,3	496,6	28,2	26,9
+	Geschlossen	496,6	522,9	496,3	496,6	469,9	496,8	26,4	26,8
+	Offen	496,8	523,2	497,0	497,1	470,1	496,8	26,3	26,9
+	Geschlossen	496,8	523,9	497,6	497,7	470,2	497,0	26,7	27,2
—	Geschlossen	497,0	469,3	497,9	497,9	524,2	497,1	28,1	26,7
—	Offen	497,1	469,5	497,7	497,7	524,2	497,1	27,9	26,8
—	Geschlossen	497,1	469,0	497,4	497,4	524,2	497,1	28,2	26,9

Die erhaltenen Resultate lassen sich folgendermaßen ordnen:

## No. 10.

Ausschlag als die Stromrichtung war

Positiv

Negativ

beim

Schließen

Öffnen

Schließen

Öffnen

als die secundäre Drahtrolle war

offen	geschloss.	offen	geschloss.	offen	geschloss.	offen	geschloss.
26,45	26,6	27,3	27,2	28,0	28,1	27,15	26,7
26,2	26,35	26,3	26,5	27,2	27,45	26,1	26,3
25,6	25,9	26,0	26,1	27,75	27,7	26,55	26,6
26,1	26,35	26,7	26,9	27,9	27,4	26,7	26,85
26,45	26,8	26,5	26,2	27,85	28,0	26,6	26,8
26,5	26,2	26,8	26,65	27,7	27,8	26,9	26,6
26,15	26,1	26,8	26,6	27,95	28,0	27	26,9
26,7	26,35	27,1	26,9	28,0	28,05	26,6	26,75
26,45	26,3	26,9	26,9	28,0	27,7	26,9	26,7
26,7	26,65	26,7	27,15	28,3	28,15	27,1	27,2
26,4	26,4	26,9	26,7	28,1	28,2	26,9	26,8
26,3	26,55	26,9	27	27,9	28,15	26,8	26,8
26,33	26,38	26,74	26,73	27,89	27,91	26,77	26,75

Beim Oeffnen der Kette war demnach die durch den Extrastrom bewirkte Ablenkung, als die secundäre Drahtrolle offen war:

Strom, positiv	26,74
Strom, negativ	26,77
Mittel	<u>26,75</u>

als sie geschlossen war:

Strom, positiv	26,73
Strom, negativ	26,77
Mittel	<u>26,75.</u>

**Beim Schließen der Kette war die Ablenkung:  
Secundäre Drahtrolle offen:**

Strom, positiv	26,33
Strom, negativ	27,89
Mittel	<u>27,11.</u>

### Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv	26,38
Strom, negativ	27,91
Mittel	<u>27,095.</u>

Die Zahlen 26,75 und 26,75 sind gleich, und da der Unterschied zwischen den Zahlen 27,11 und 27,095 innerhalb der Beobachtungsfehler liegt, kann man sie auch als gleich betrachten. Es folgt also, *dafs die Elektrizitätsmenge, welche beim Oeffnen und Schliesen einer Kette durch Induction in einem zu dieser Kette gehörenden Leiter in Bewegung geräth, durchaus nicht abgeändert wird, wenn der inducirende Strom zugleich in einem benachbarten Leiter einen inducirten Strom erregt.*

20. Es blieb zu wissen, ob das eben aufgestellte Gesetz noch richtig wäre, für den Fall, wo der inducirende Strom eine magnetisirende Wirkung ausübte. Zu dem Ende steckte ich einen Eisenkern (15) in die Inductionsrolle. Als ich den Strom eines äußerst kleinen und sehr schwach geladenen Daniell'schen Elementes anwandte, fand ich die in nachstehender Tafel verzeichneten Resultate.

## No. 11.

Stromrichtung	Secundäre Drahtrolle	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette <sup>1)</sup>	Ausschlag beim Öffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Berichtigter Ausschlag beim	
							Schließen	Öffnen
+	Offen	499,8	520,7	499,7	478,9	500,0	20,9	20,9
+	Geschlossen	500,0	520,9	499,8	478,9	499,8	21,0	20,9
+	Offen	499,7	520,8	499,9	478,9	500,0	21,0	21,0
-	Offen	500	478,8	499,0	520,1	500,0	20,8	20,7
-	Geschlossen	500,2	478,8	499,2	520,4	500,2	21,0	20,8
-	Offen	500,2	479,0	499,3	520,6	500,3	20,8	20,9
+	Geschlossen	500,5	521,6	501,2	480,2	501,4	20,8	21
+	Offen	501,3	522,2	501,2	480,1	501,3	20,9	21,1
+	Geschlossen	501,1	522,2	501,1	480,0	501,1	21,1	21,1
-	Geschlossen	501,0	479,7	499,9	521,0	501,0	20,8	20,6
-	Offen	501,0	479,4	499,8	521,0	501,0	21,1	20,7
-	Geschlossen	501,0	479,6	499,8	521,1	501,0	20,9	20,8
+	Offen	501,0	522,0	500,3	479,1	500,7	21,3	21,4
+	Geschlossen	500,8	521,9	500,9	479,8	500,7	21,1	21,0
+	Offen	500,8	522,0	501,0	479,9	500,8	21,1	21,0
-	Offen	500,8	479,2	499,3	520,8	500,7	20,9	20,9
-	Geschlossen	500,8	479,2	499,3	520,9	501	20,9	20,8
-	Offen	501	479,3	500	521,4	501,7	21,2	20,6
+	Geschlossen	501,2	522,8	501,7	480,2	501,1	21,4	21,2
+	Offen	501,1	522,5	501,8	480,2	501,3	21,1	21,4
+	Geschlossen	501,3	522,7	501,8	480,3	501,3	21,2	21,3
-	Geschlossen	501,5	479,8	500,0	521,3	501,6	21,0	20,6
-	Offen	501,6	479,9	500,0	521,4	501,6	21,0	20,7
-	Geschlossen	501,6	479,8	499,8	521,2	501,6	21,0	20,6
+	Offen	501,8	523,1	502,5	481,0	501,8	21,0	21,2
+	Geschlossen	501,7	523,0	502,2	480,9	501,4	21,1	20,9
+	Offen	501,4	522,9	502,1	480,6	501,4	21,2	21,2
-	Offen	501,7	479,8	499,6	521,2	501,9	20,9	20,5
-	Geschlossen	501,9	480,0	499,9	521,7	502,0	21,2	20,8
-	Offen	502,0	480,0	500,0	521,8	502,1	21,1	20,8
+	Geschlossen	502,9	524,1	503,0	481,9	503,0	21,2	21,1
+	Offen	502,9	524,0	503,1	482,0	503,0	21,0	21,1
+	Geschlossen	503,1	524,4	503,3	482,0	503,1	21,2	21,2
-	Geschlossen	503,4	481,9	502,1	523,8	503,7	20,9	21,0
-	Offen	503,8	482,1	502,2	523,9	503,8	21,0	21,0
-	Geschlossen	503,8	482,1	502,1	523,9	503,9	20,9	21,0

1) Da der inducirende Strom sehr schwach war, so waren die Temperaturveränderungen, welche die verschiedenen Theile der Kette erlitten, so gering, daß die Gleichgewichtslage sich nicht merklich verschob, als der Strom dieselben durchlief.

Die erhaltenen Resultate können folgendermaßen zusammengestellt werden:

## No. 12.

Ausschlag als die Stromrichtung war							
positiv				negativ			
beim							
Schließen		Öffnen		Schließen		Öffnen	
als die sekundäre Drahtrolle war							
offen	geschlossen.	offen	geschlossen.	offen	geschlossen.	offen	geschlossen.
20,95	21	20,95	20,9	20,8	21	20,8	20,8
20,95	20,9	21,05	21,1	20,85	21,1	20,7	20,7
21,2	21,1	21,2	21	21,05	20,9	20,75	20,8
21,3	21,1	21,25	21,4	21	21	20,6	20,7
21,1	21,1	21,2	20,9	21	21,2	20,65	20,8
21,2	21	21,15	21,1	20,9	21	21	21
21,12	21,03	21,13	21,07	20,93	21,03	20,75	0,8

Beim Öffnen der Kette war demnach die durch den Extrastrom bewirkte Ablenkung:

Secundäre Drahtrolle offen:

Strom, positiv	26,13
Strom, negativ	20,75
Mittel	20,94.

Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv	21,07
Strom, negativ	20,8
Mittel	20,93.

Beim Schließen der Kette war die Ablenkung:

Secundäre Drahtrolle offen:

Strom, positiv	21,12
Strom, negativ	20,93
Mittel	21,02.

Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv	21,03
Strom, negativ	21,03
Mittel	21,03.

Die Zahlen 20,94 und 20,93, so wie 21,02 und 21,03 weichen so wenig von einander ab, daß man sie als gleich

betrachten, und folglich annehmen kann, *dafs, wenn ein Leiter so gestaltet ist, dafs er eine Masse weichen Eisens zu magnetisiren vermag, die Elektrizitätsmasse, welche durch Induction beim Schliesen und Oeffnen einer Kette, zu welcher dieser Leiter gehört, in Bewegung geräth, nicht modificirt wird, wenn der inducirende Strom zugleich in einem benachbarten Leiter einen inducirten Strom hervorruft.*

21. Wenn die Ablenkungen eine gewisse Gränze überschreiten, sind sie bekanntlich nicht mehr proportional den Impulsen, durch welche sie hervorgebracht wurden. Ueberdies haben wir gesehen (7), dafs es für das von mir gebrauchte Galvanometer einen besonderen Beweggrund gab, Ablenkungen über 30<sup>mm</sup> nicht zu beobachten. Wenn es sich aber, wie im gegenwärtigen Fall, blofs darum handelt, fest zu stellen, ob Ablenkungen *auf derselben Seite von der Gleichgewichtslage* gleich seyen, so influenciren die Fehler, welche man durch Beobachten grösserer Ablenkungen begeht, in gleicher Weise auf jede der Grössen, die man vergleicht. Sie können daher auf das Endresultat keinen Einflufs haben. Die für die Formel (II) gegebene Berichtigung setzt freilich auch voraus, dafs die Ablenkungen ziemlich klein seyen; indess sind die Fehler, welche man begeht, wenn man sie auf bedeutende Ablenkungen anwendet, nicht merklich, weil man, wie man sehen wird, mit grossen Ablenkungen Resultate bekommt, die mit den eben gefundenen identisch sind. In der That erhielt ich, als ich das kleine Daniell'sche Element des vorstehenden Versuches ersetzte durch zwei gewöhnliche Daniell'sche Elemente, die in der folgenden Tafel angegebenen Resultate.

## No. 13.

Stromrichtung	Secundäre Drahtrolle	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette		Ausschlag beim Öffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Berichtigter Ausschlag beim	
								Schließen	Öffnen
+	Offen	513,6	807,0	507,2	507,3	209,1	513,7	296,3	301,1
+	Geschlossen	513,8	807,3	508,5	508,7	210,5	513,8	295,9	300,5
+	Offen	513,8	807,8	509,9	509,9	211,8	513,9	295,8	299,9
+	Offen	514,1	207,0	517,2	517,2	815,2	514,0	308,5	299,5
-	Geschlossen	514,1	207,0	516,7	516,8	814,0	514,0	308,3	298,5
-	Offen	514,0	207,2	516,9	516,8	814,0	514,0	308,1	298,5
+	Geschlossen	514,0	805,7	512,3	512,4	217,0	514,0	292,5	296,1
+	Offen	514,1	805,1	510,8	510,8	215,8	514,0	292,5	296,5
+	Geschlossen	514,2	805,0	510,9	511,0	216	514,0	292,3	296,4
-	Geschlossen	514,2	210,0	517,8	517,9	812,5	514,3	305,8	296,2
-	Offen	514,3	210,8	518,0	518,0	812,7	514,4	305,2	296,3
-	Geschlossen	514,5	210,1	517,5	517,8	812,8	514,6	305,8	296,5
+	Offen	514,8	804,5	512,7	512,7	219,0	514,8	290,7	294,7
+	Geschlossen	514,8	804,1	513,5	513,5	220,0	514,8	289,9	294,1
+	Offen	514,8	804,2	513,9	513,9	220,2	514,8	289,8	294,1
-	Offen	514,8	212,1	516,2	516,2	809,7	514,9	303,3	294,1
-	Geschlossen	514,9	212,1	516,0	516,0	809,8	514,9	303,3	294,3
-	Offen	514,9	211,8	515,2	515,1	809,8	514,9	303,2	294,8
+	Geschlossen	514,8	805,3	514,0	514	220,8	514,9	290,9	293,6
+	Offen	514,9	805,2	514,0	513,9	220,5	514,9	290,7	293,8
+	Geschlossen	516,8	806,2	513,0	513,2	219,8	514,9	291,1	294,2
+	Geschlossen	515,0	214,0	517,0	517,3	808,8	515	301,9	292,5
-	Offen	515,0	213,8	517,5	517,2	810,0	515,2	302,4	293,7
-	Geschlossen	515,2	214,1	517,3	517,3	809,2	515,2	302,1	292,9
+	Offen	515,0	803,2	515,0	515,2	223	514,9	288,2	292,1
+	Geschlossen	514,9	803,9	515,6	515,7	222,7	514,9	288,7	292,6
+	Offen	514,9	804,5	515,7	515,7	222,1	514,8	289,2	293,2
+	Offen	514,9	211,8	514,7	514,7	808,8	515,1	303	293,9
-	Geschlossen	520,3	217,5	518,0	517,5	812,5	520,3	301,7	293,7
-	Offen	520,2	216,8	518,0	518,1	813,0	520,2	302,4	293,9
+	Geschlossen	520,2	809,8	522,3	522,2	229,3	520,1	288,6	291,9
+	Offen	520,2	809,0	522,3	522,6	230,0	520,1	287,8	291,5
+	Geschlossen	520,2	809,8	523,5	523,9	231,0	520,9	288,1	291,5
-	Geschlossen	521,0	217,0	517,3	517,0	812,0	521,0	302,3	293,2
-	Offen	521,0	217,0	516	515,7	811,1	521,0	301,7	293,7
-	Geschlossen	521,0	215,1	514,7	514,4	810,5	521,0	303,0	293,1

## No. 13a.

Ausschlag als die Stromrichtung war  
positiv | negativ

beim

Schließen | Öffnen | Schließen | Öffnen

als die secundäre Drahtrolle war

offen	geschlossen	offen	geschlossen.	offen	geschlossen.	offen	geschlossen.
296,05	295,9	300,5	300,5	308,3	308,3	299	298,5
292,5	292,4	296,5	296,25	305,2	305,8	296,3	296,25
290,25	289,9	294,4	294,1	303,25	303,3	294,45	294,3
290,7	291	293,8	293,9	302,4	302	293,7	292,7
288,7	288,7	292,65	292,6	302,7	301,7	293,9	293,7
287,8	288,35	291,5	291,7	301,7	302,65	293,7	293,15
291,0	291,04	294,89	294,84	303,92	303,96	295,18	294,78

Beim Öffnen der Kette war also die durch den Extrastrom bewirkte Ablenkung:

Secundäre Drahtrolle offen:

Strom, positiv	294,89
Strom, negativ	295,18
Mittel	295,03.

Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv	294,84
Strom, negativ	294,78
Mittel	294,81.

Beim Schließen der Kette erzeugte der Extrastrom die Ablenkung:

Secundäre Drahtrolle offen:

Strom, positiv	291
Strom, negativ	303,92
Mittel	297,46.

Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv	291,04
Strom, negativ	303,96
Mittel	297,5.

Die Zahlen 297,46 und 297,5 können als gleich betrachtet werden, und was den Unterschied der Zahlen 295,03 und 294,81 betrifft, so liegt er nicht nur unterhalb der Beobachtungsfehler, sondern erklärt sich auch durch die

ungünstigen Umstände, unter welchen die Beobachtungen angestellt wurden. Die Magnetonadel ward nämlich sichtlich afficirt durch Eisenmassen, welche Handwerker, die in der Umgebung des Laboratoriums arbeiteten, von Zeit zu Zeit verschoben. Wie dem auch sey, so glaube ich doch, die eben gefundenen Resultate liefern den Beweis, daß unter gewissen Umständen selbst grofse Ablenkungen genaue Resultate geben können.

22. Da der Widerstand der secundären Drahtrolle sehr beträchtlich war, so hielt ich es nicht für ganz überflüssig, die vorstehenden Resultate unter anderen Bedingungen zu wiederholen, d. h. mit Anwendung einer secundären Drahtrolle von viel kleinerem Widerstande. Zu dem Ende nahm ich eine Drahtrolle, bestehend aus einem hohlen Holzcylinder von 0<sup>m</sup>,158 Höhe und 0<sup>m</sup>,066 äußerem Durchmesser, auf welchen drei hinreichend isolirte Kupferdrähte von 3<sup>mm</sup> Durchmesser aufgewickelt waren. Jeder Draht bildete zwei Lagen. Zwei dieser Drähte vereinigte ich so, daß sie als inducirende Rolle dienten; der dritte Draht, der äußere, bildete die secundäre Rolle. Das Schließen dieser Rolle geschah durch einen Kupferdraht von 0<sup>m</sup>,2 Länge und 2<sup>mm</sup> Durchmesser.

Für die neue Drahtrolle mußte man offenbar die Constanten der Correctionsformel (III) berechnen und zu dem Ende den Werth des logarithmischen Decrements bestimmen. Ich fand, indem ich wie vorhin (9) verfuhr, daß

$$e^{-\pi} = 0,1592,$$

und daß die Gleichung (III) wurde:

$$h = \sqrt{m} e^{0,832\pi x} \left( u + 0,5916x - 0,0598 \frac{x^2}{u} \right) \dots \text{(VII)}$$

Indem ich einen inducirenden Strom, erzeugt von zwei Daniell'schen Elementen anwandte, erhielt ich folgende Resultate.



## No. 14.

Stromrichtung	Secundäre Drahtspirale	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette		Ausschlag beim Öffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Berichtigter Ausschlag beim	
								Schließen	Öffnen
+	Offen	490,8	509,2	488,9	489,0	470,8	490,3	19	18,7
+	Geschlossen	491,7	510,3	490,9	490,9	472,1	491,8	18,9	19,2
+	Offen	490,9	511,8	494,6	494,2	473,7	491,0	19,3	19,2
+	Geschlossen	490,2	509,7	491,2	491,6	471,9	491,1	19,1	19,5
+	Offen	491,5	510,7	491,3	491,4	472,3	491,9	19,3	19,3
+	Geschlossen	492,4	512,0	493,7	493,7	473,8	492,7	19,1	19,5
+	Offen	492,4	512,1	492,9	492,2	472,8	491,1	19,5	18,9
+	Geschlossen	491,3	511,0	491,8	491,4	472	490,7	19,5	19,1
+	Offen	490,7	510,7	491,9	491,9	471,9	490,5	19,5	19,4
+	Geschlossen	490,2	510,3	491,7	491,7	471,7	489,8	19,5	19,3
+	Offen	489,7	510,3	492,7	492,8	472	489,9	19,3	19,6
+	Geschlossen	489,6	510,3	492,1	492,1	471,2	489	19,7	19,6
+	Offen	488,9	507,5	488,0	488,1	469,3	489,2	19,0	19,2
+	Geschlossen	488,8	506	484,0	481,8	465	488,4	19,1	19,4
+	Offen	484,3	503,9	486,0	485,9	466,2	484,7	18,9	19,2
+	Geschlossen	485,3	506	489,1	489,0	468	485,1	19,1	19,3
+	Offen	484,6	505,9	489,7	489,7	468,3	485,5	19,1	19,6
-	Geschlossen	486,1	467,7	488,9	489,3	507,3	488,0	19,5	18,5
-	Offen	488,3	468,2	487,5	487,6	507,3	489,2	19,8	19
-	Geschlossen	490,2	469,0	487,7	487,7	568,3	490,7	20,2	19,3
-	Offen	490,9	469,1	486,8	486,9	508,1	491,4	20,1	20,3
-	Geschlossen	491,3	469,0	485,9	485,8	507,2	490,3	20,3	20,5
-	Offen	491,3	470,0	488,2	488,1	508,8	490,9	20,0	19,5
-	Geschlossen	491,3	470,7	489,5	489,4	509,8	491,7	19,9	19,4
-	Geschlossen	496,8	477,1	497,0	497	515,5	496,9	19,8	18,5
-	Offen	497,1	477,2	497,2	497,2	516,3	496,9	19,9	19,2
-	Geschlossen	497,2	476,7	496,2	496,2	516,0	497,5	20,1	19,3
-	Offen	497,9	476,6	495,4	495,7	516,2	498,2	20,3	19,5
-	Geschlossen	499,2	478,2	497,0	497,3	517,8	500,2	20,1	19,3
-	Offen	500,6	478,8	497,2	497,9	518,7	501,0	20,4	19,5
-	Geschlossen	501,0	479,3	497,6	497,7	518,3	500,8	20,3	19,3
-	Offen	500,7	478,1	498,0	498,3	519,1	501,0	21,5	19,7
-	Geschlossen	501,1	478,7	496,7	496,8	518,0	500,4	20,5	19,7
-	Offen	500,3	478,8	497,6	497,6	518,0	499,8	20,4	19,5
-	Geschlossen	499,7	478,2	497,7	497,7	517,8	499,1	20,7	19,5

Wir haben also gefunden:

No. 15.

Ausschlag als die Stromrichtung war  
 positiv | negativ  
 beim

Schließen		Öffnen		Schließen		Öffnen	
als die sekundäre Drahtrolle war:							
Offen	Geschloss.	Offen	Geschloss.	Offen	Geschloss.	Offen	Geschloss.
19,15	18,9	18,95	19,2	19,8	19,85	19	18,9
19,3	19,1	19,25	19,5	20,1	20,25	19,3	19,4
19,4	19,1	19,05	19,5	20	20,05	19,5	19,45
19,5	19,5	19,15	19,1	19,9	19,95	19,2	18,9
19,4	19,5	19,5	19,3	20,3	20,1	19,5	19,3
19,15	19,7	19,4	19,6	20,4	20,2	19,5	19,3
18,95	19,1	19,2	19,4	21,5	20,4	19,7	19,5
19,0	19,1	19,4	19,3	20,4	20,6	19,5	19,6
19,23	19,25	19,24	19,36	20,3	20,18	19,4	19,29

Beim Öffnen des Stromes war demnach die durch den Extrastrom bewirkte Ablenkung:

Secundäre Drahtrolle offen:

Strom, positiv	19,24
Strom, negativ	19,4
Mittel	19,32

Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv	19,36
Strom, negativ	19,29
Mittel	19,32

Beim Schließen der Kette erzeugte der Extrastrom die Ablenkung:

Secundäre Drahtrolle offen:

Strom, positiv	19,23
Strom, negativ	20,3
Mittel	19,76

Secundäre Drahtrolle geschlossen:

Strom, positiv 19,25

Strom, negativ 20,18

Mittel 19,71.

Die Zahlen 19,32 und 19,32 sind gleich, und bei den Zahlen 19,76 und 19,71 ist der Unterschied so klein, daß man sie ebenfalls als gleich betrachten kann.

23. Bei den folgenden Versuchen enthielt die Drahtrolle einen Eisenkern, bestehend aus einem Bündel zweckmäßig isolirter 2<sup>mm</sup> dicker Eisendrähte. Das Bündel hielt 0<sup>m</sup>,2 in Länge und 0<sup>m</sup>,023 im Durchmesser. Die secundäre Drahtrolle hatte einen Widerstand, welcher gegen den der inducirenden Drahtrolle als unendlich klein betrachtet werden konnte. Sie bestand aus einem hohlen Kupfercylinder von 0<sup>m</sup>,183 Länge. Der innere Durchmesser war gleich 0<sup>m</sup>,034. Die Wanddicke betrug ein Millimeter. Dieser Cylinder konnte in die primäre Drahtrolle gesteckt werden, und hüllte alsdann den Eisenkern ein. Was die primäre Drahtrolle betrifft, so war es die der vorhergehenden Versuche (21), nur anders vorgerichtet: die drei Drähte waren so verbunden, daß sie einen einzigen ausmachten, der folglich sechs Lagen bildete. Ich bestimmte den Werth, welchen  $e^{-\alpha r}$  bei dieser Vorrichtung der Inductionsrolle annehmen würde, und fand ihn gleich

0,1653.

Dadurch wurde die Gleichung (III)

$$h = \gamma m \cdot e^{0,335 \alpha r} \left( u + 0,5873x - 0,0636 \frac{x^2}{u} \right) \quad (\text{VIII})$$

Die Versuche wurden nach der in (11) beschriebenen Methode angestellt. Den inducirenden Strom lieferte ein Daniell'sches Element.

## No. 16.

Stromrichtung	Cylinder:	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Ausschlag beim Schließen	Gleichgewichtslage bei geschlossener Kette		Ausschlag beim Öffnen	Gleichgewichtslage bei offener Kette	Berichtigter Ausschlag beim	
								Schließen	Öffnen
+	anwesend	498,7	557,2	497	497,1	437,8	498,7	59,2	60
+	fort	498,5	557	497,2	497,2	437,8	498,2	59	59,8
+	anwesend	498,2	557	497,2	497,2	437,8	498,2	59,2	59,8
+	fort	498,1	557	497,2	497,2	438	498,1	59,3	59,6
+	anwesend	497,7	556	496,8	496,8	437,3	497,8	58,7	59,9
+	fort	497,8	556,3	497,4	497,4	438	498	58,7	59,65
+	anwesend	498,1	556,3	497,7	497,7	438,3	497,9	58,4	59,5
+	fort	497,9	556,7	497,7	497,7	438,2	497,9	58,9	59,6
+	anwesend	497,9	556,3	497,7	497,7	438,2	497,5	58,5	59,4
+	fort	497,6	556	497,4	497,3	438	497,1	58,5	59,3
+	anwesend	497,1	555,9	497,3	497,2	437,8	497	58,7	59,3
+	anwesend	496,9	555	495,9	495,9	437,1	497,1	58,6	59,3
+	fort	497,2	555,7	496,1	496,2	437,2	497,4	59	59,5
+	anwesend	497,4	555,5	496	495,9	437,2	497,4	58,7	59,3
+	fort	497,6	555,7	496,1	495,9	437,1	497,4	58,7	59,4
+	anwesend	497,3	555,6	496	495,9	437,2	497,6	58,8	59,4
+	fort	497,7	555,7	496,2	496,1	437,3	497,5	58,6	59,4
+	anwesend	497,4	555,7	495,7	495,7	437	497,1	59	59,3
—	fort	497,3	437,8	498,8	498,8	557,8	497,6	60,1	59,5
—	anwesend	497,7	437,9	498,7	498,7	557,8	497,4	60,2	59,6
—	fort	497,3	437,8	498,9	499,1	558,2	497,8	60,2	59,6
—	anwesend	497,7	438,1	499	498,9	557,8	497,6	60,1	59,4
—	fort	497,6	437,7	498,9	498,9	558	497,4	60,4	59,7
—	anwesend	497,4	437,2	498,6	498,7	558	497,3	60,7	59,9
—	fort	497,4	437,7	498,1	498,2	557,5	497	60	59,8
—	anwesend	497,1	436,8	497,7	497,7	557	496,7	60,55	59,7
—	fort	496,8	436,8	497,6	497,7	557	496,6	60,3	59,8
—	anwesend	496,6	436,2	497,2	497,2	556,8	496,6	60,65	59,85
—	fort	496,6	436,2	496,9	496,9	556,3	496,3	60,5	59,65
—	anwesend	496,3	436,1	496,7	496,7	556	496,1	60,4	59,55
—	fort	496	435,8	496,2	496,3	555,8	496,1	60,3	59,6
—	anwesend	496,2	436	496,7	496,8	556,3	496,4	60,4	59,7
—	fort	496,3	436,1	496,2	496,2	555,9	495,8	60	59,9
—	anwesend	495,7	435,2	495,9	495,8	555,3	495,4	60,6	59,7
—	fort	495,4	435	495,4	495,6	555,1	495,2	60,4	59,7

## No. 17.

Ausschlag als die Stromrichtung war:  
 positiv | negativ  
 |  
 beim

Schließen | Öffnen | Schließen | Öffnen  
 als die secundäre Drahtrolle war

fort	anwesend	fort	anwesend	fort	anwesend	fort	anwesend
59,0	59,2	59,8	59,9	60,1	60,2	59,55	59,6
59,3	58,95	59,6	59,9	60,25	60,1	59,65	59,4
58,7	58,55	59,65	59,7	60,2	60,7	59,75	59,9
58,9	58,45	59,6	59,45	60,2	60,55	59,8	59,7
58,5	58,6	59,3	59,4	60,4	60,65	59,7	59,85
59,0	58,6	59,5	59,3	60,4	60,4	59,6	59,55
58,7	58,75	59,4	59,4	60,15	60,4	59,75	59,7
58,6	58,9	59,4	59,3	60,2	60,6	59,8	59,7
58,84	58,75	59,54	59,54	60,24	60,45	59,72	59,68

Beim Öffnen der Kette erzeugte demnach der Extrastrom die Ablenkung:

Bei Anwesenheit des Cylinders:

Strom, positiv 59,54  
 Strom, negativ 59,68  
 Mittel 59,61.

Bei Abwesenheit des Cylinders:

Strom, positiv 59,54  
 Strom, negativ 59,72  
 Mittel 59,63.

Beim Schließen der Kette erzeugte der Extrastrom die Ablenkung:

Bei Anwesenheit des Cylinders:

Strom, positiv 58,75  
 Strom, negativ 60,45  
 Mittel 59,60.

Bei Abwesenheit des Cylinders:

Strom, positiv 58,84  
 Strom, negativ 60,24  
 Mittel 59,24.

Diese Zahlen lassen, wie man sieht, nichts zu wünschen übrig.

24. Aus obigen Versuchen geht hervor, daß der Werth von

$$\int_0^2 i dt$$

für einen Extrastrom sich nicht ändert, wenn der primäre Strom zu gleicher Zeit einen inducirten Strom in einem benachbarten Leiter erregt. Es bleibt noch zu wissen, ob dieser inducirte Strom einen Einfluß ausübe auf die Gröfse:

$$\int_0^2 i^2 dt$$

Um diese Aufgabe zu lösen, auf welche eine bejahende Antwort zu finden sehr wahrscheinlich war, nahm ich meine Hülfe wiederum zum Weber'schen Dynamometer. Ich richtete die Apparate wie vorhin ein. In Fig. 1, Taf. V findet sich die Inductionsrolle (9), welche von einer anderen mit langem Draht (19) umgeben war. Ich beobachtete den Effect, welchen der Extrastrom auf die bewegliche Drahtrolle des Dynamometers ausübte, als die secundäre Drahtrolle offen und als sie geschlossen war. Diese Schließung geschah durch einen Metalldraht, dessen Widerstand als unendlich klein gegen den dieser Drahtrolle betrachtet werden konnte.

Folgendes sind die Resultate, welche mit dem Strom von sechs Daniell'schen Elementen erhalten wurden. In der inducirenden Rolle befand sich kein Eisenkern.

#### No. 18.

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunkts	Extrastrom erhalten durch:	Secundäre Drahtrolle:	Elongation vor dem Durchgang durch den Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung	
					beobachtet	berichtigt
438,88	Öffnen	offen	439,2	437,3	1,58	1,26
	»	geschlossen.	439,1	438	0,88	0,66
	»	offen	439,1	437,4	1,48	1,26
	»	geschlossen.	439,2	438	0,88	0,56
	»	offen	439,1	437,3	1,58	1,36
	»	geschlossen.	439,3	437,8	1,08	0,66
	»	offen	439,2	437,2	1,68	1,36

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunkts	Extrastrom erhalten durch:	Secundäre Drahtrolle:	Elongation vor dem Durchgang durch den Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung	
					beobachtet	berichtigt
438,79	Schließen	offen	439,1	431,9	6,89	6,58
	»	geschlossen.	438,9	435,1	3,69	3,58
	»	offen	438,9	432	6,79	6,68
	»	geschlossen.	438,9	434,9	3,89	3,78
	»	offen	438,9	431,6	7,19	7,08
	»	geschlossen.	439,1	434,6	4,19	3,88
	»	offen	438,9	431,3	7,49	7,38

Wir finden also für die Ablenkung, ausgeübt von dem Extrastrom, der erzeugt wurde durchs

Schließen			Öffnen	
als die secundäre Drahtrolle war:				
offen	geschlossen		offen	geschlossen
6,63	3,58		1,26	0,66
6,88	3,78		1,31	0,56
7,23	3,88		1,31	0,63
Mittel 6,91	3,75		1,31	0,63

Mit dem Strom von vier Daniell'schen Elementen, während die inducirende Rolle einen Eisenkern (15) enthielt, bekam ich folgende Resultate:

## No. 19.

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunkts	Extrastrom erhalten durch:	Secundäre Drahtrolle:	Elongation vor dem Durchgang durch den Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung	
					beobachtet	berichtigt
437,83	Öffnen	offen	438,1	419,9	17,93	17,66
	»	geschlossen.	438,3	431,7	6,13	5,66
	»	offen	438,3	419,7	18,13	17,66
	»	geschlossen.	438,8	431,1	6,73	5,76
	»	offen	438,8	419,3	18,53	17,56
	»	geschlossen.	438,6	431,6	6,23	5,56
	»	offen	438,3	419,9	17,93	17,48

Mittlere Lage des Gleichgewichtspunkts	Extrastrom erhalten durch:	Secundäre Drahtrolle:	Elongation vor dem Durchgang durch den Gleichgewichtspunkt	Beobachtete Elongation	Ablenkung	
					beobachtet	berichtigt
437,79	Schließen	offen	438,2	356,3	81,49	81,08
	»	geschlossen.	438,2	423,6	14,19	13,78
	»	offen	438,1	359,2	78,59	78,28
	»	geschlossen.	438,2	426,3	11,49	11,08
	»	offen	438,3	360	77,79	77,28
	»	geschlossen.	438,2	426	11,79	11,38
	»	offen	438	370,2	67,59	67,38

Wir finden also für die Ablenkung, ausgeübt vom Extrastrome, der erzeugt wurde durchs:

Schließen		Öffnen	
als die secundäre Drahtrolle war:			
offen	geschlossen	offen	geschlossen
79,68	13,78	17,66	5,66
78,78	11,08	17,61	5,76
77,33	11,38	17,51	5,66
Mittel 78,6	12,08	17,59	5,66

Die eben gefundenen Resultate beweisen, dass ein inducirter Strom, der in einem benachbarten Leiter kreist, im Allgemeinen den Werth der Gröfse

$$\int_0^z i^2 dt$$

verringert für einen Extrastrom, welcher durch denselben Strom erzeugt wird, der den inducirten Strom hervorrief.

Angenommen, dass die Intensität eines Extrastromes während seiner Dauer nicht variire, folgt aus (17), dass die Gegenwart eines inducirten Stromes in einem benachbarten Leiter die Intensität eines Extrastromes verringert, aber die Zeit seiner Dauer vergrößert, solchergestalt, dass diese beiden Gröfsen stets einander umgekehrt proportional sind. Die von dem inducirten Strom ausgeübte Wirkung ist *caeteris paribus* stärker, wenn der primäre Draht um einen



Eisenkern gewickelt ist, und in diesem Fall ist die auf den ersten Extrastrom ausgeübte Wirkung stärker als die auf den zweiten.

Leyden, den 1. October 1857.

(Wird fortgesetzt.)

## II. Ueber die Bewegung der Elektricität in Leitern; von G. Kirchhoff.

In einer früheren Abhandlung <sup>1)</sup> habe ich eine Theorie der Bewegung der Elektricität in linearen Leitern aufgestellt; ich will jetzt zeigen, wie die dort durchgeführten Betrachtungen sich so verallgemeinern lassen, daß sie auf Leiter jeder Gestalt anwendbar werden.

Ich bezeichne durch  $x, y, z$  die rechtwinkligen Coordinaten eines Punktes des Leiters; den Strom, der zur Zeit  $t$  in diesem Punkte fließt, zerlege ich nach den drei Coordinatenaxen und nenne  $u, v, w$  die Stromdichtigkeiten der Componenten; diese Stromdichtigkeiten werden gleich seyn müssen den Producten aus den Componenten der im Punkte  $(x, y, z)$  wirksamen, auf die Einheit der Elektricitätsmenge bezogenen, elektromotorischen Kraft in die Leitungsfähigkeit. Diese elektromotorische Kraft rührt her zum Theil von vorhandener freier Elektricität, zum Theil von der Induction, die in Folge der Aenderungen der Stromstärke in allen Theilen des Leiters statt findet. Bezeichnet  $\Omega$  die Potentialfunction der freien Elektricität in Bezug auf den Punkt  $(x, y, z)$ , so sind die Componenten des ersten Theiles der elektromotorischen Kraft

$$-2 \frac{\partial \Omega}{\partial x}, -2 \frac{\partial \Omega}{\partial y}, -2 \frac{\partial \Omega}{\partial z}.$$

Um die Componenten des zweiten Theiles angeben zu können, bezeichne ich durch  $x', y', z'$  die Coordinaten eines

1) Diese Annalen Bd. 100, S. 193.

zweiten Punktes des Leiters, durch  $u'$ ,  $v'$ ,  $w'$  die Werthe von  $u$ ,  $v$ ,  $w$  für diesen Punkt, durch  $r$  die Entfernung der Punkte  $(x, y, z)$  und  $(x', y', z')$ , und setze:

$$U = \iiint \frac{dx' dy' dz'}{r^3} (x - x') [u' (x - x') + v' (y - y') + w' (z - z')] \\$$

$$V = \iiint \frac{dx' dy' dz'}{r^3} (y - y') [u' (x - x') + v' (y - y') + w' (z - z')] \\$$

$$W = \iiint \frac{dx' dy' dz'}{r^3} (z - z') [u' (x - x') + v' (y - y') + w' (z - z')],$$

wo die Integrationen über das ganze Volumen des Leiters ausgedehnt gedacht sind. Nach dem Weber'schen Gesetze der Induction sind dann die Componenten des zweiten Theiles der betrachteten elektromotorischen Kraft:

$$-\frac{8}{c^2} \frac{\partial U}{\partial t}, \quad -\frac{8}{c^2} \frac{\partial V}{\partial t}, \quad -\frac{8}{c^2} \frac{\partial W}{\partial t},$$

wo  $c$  diejenige constante Geschwindigkeit bezeichnet, mit der zwei Elektricitätstheile gegen einander bewegt werden müssen, damit sie keine Kraft auf einander ausüben. Ist daher  $k$  die Leitungsfähigkeit des Leiters so hat man:

$$u = -2k \left( \frac{\partial \Omega}{\partial x} + \frac{4}{c^2} \frac{\partial U}{\partial t} \right) \quad (1)$$

$$v = -2k \left( \frac{\partial \Omega}{\partial y} + \frac{4}{c^2} \frac{\partial V}{\partial t} \right) \quad (2)$$

$$w = -2k \left( \frac{\partial \Omega}{\partial z} + \frac{4}{c^2} \frac{\partial W}{\partial t} \right). \quad (3)$$

Dafs die freie Elektricität auf die Oberfläche des Leiters beschränkt ist, wie beim Gleichgewicht oder bei constanten Strömen, darf man hier nicht annehmen; es wird sich in der That zeigen, dafs im Allgemeinen das Gegentheil stattfindet. Ich bezeichne durch  $\epsilon$  die Dichtigkeit der freien Elektricität im Punkte  $(x, y, z)$ , durch  $\epsilon'$  die im Punkte  $(x', y', z')$ , durch  $e$  ihre Dichtigkeit in einem Elemente der Oberfläche  $dS$  und durch  $e'$  dieselbe für ein zweites Element der Oberfläche  $dS'$ , dann ist:

$$\Omega = \int \frac{dx' dy' dz'}{r} \epsilon' + \int \frac{dS'}{r} e', \quad (4)$$

wo die erste Integration über das ganze Volumen, die zweite über die ganze Oberfläche des Leiters auszudehnen ist.

Zu diesen Gleichungen lassen sich noch zwei hinzufügen, die sich auf die mit der Zeit stattfindenden Aenderungen der Dichtigkeiten der freien Elektrizität beziehen. Für jeden Punkt im Innern des Leiters ist nämlich:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}; \quad (5)$$

und bezeichnet man durch  $N$  die nach dem Innern des Leiters gerichtete Normale des Elementes  $dS$  seiner Oberfläche, so ist ferner für jeden Punkt dieser Oberfläche:

$$u \cos(N, x) + v \cos(N, y) + w \cos(N, z) = -\frac{1}{2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}. \quad (6)$$

Aus den aufgestellten Gleichungen läßt sich eine merkwürdige Relation zwischen  $\varepsilon$  und  $\Omega$  herleiten. Substituiert man nämlich die Werthe von  $u$ ,  $v$ ,  $w$  aus (1), (2), (3) in (5), und benutzt, daß:

$$\frac{\partial^2 \Omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial z^2} = -4\pi \varepsilon$$

ist, so findet man:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = -16k \left[ \pi \varepsilon - \frac{1}{c^2} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} \right) \right].$$

Da die Gleichung für  $U$  sich schreiben läßt:

$$U = - \int dx' dy' dz' \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{r} [u'(x-x') + v'(y-y') + w'(z-z')],$$

so ist:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial x} &= - \int dx' dy' dz' \frac{\partial}{\partial x} \frac{1}{r} u' \\ &\quad - \int dx' dy' dz' \frac{\partial^2}{\partial x^2} \frac{1}{r} [u'(x-x') + v'(y-y') + w'(z-z')]. \end{aligned}$$

Bildet man in ähnlicher Weise die Werthe von  $\frac{\partial V}{\partial y}$  und  $\frac{\partial W}{\partial z}$ , so ergibt sich:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}$$

$$= - \int dx' dy' dz' \left( u' \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial x} + v' \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial y} + w' \frac{\partial \frac{1}{r}}{\partial z} \right);$$

denn es ist:

$$\frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \frac{1}{r}}{\partial z^2} = 0$$

für alle Punkte  $(x', y', z')$ , die nicht mit dem Punkte  $(x, y, z)$  zusammenfallen; und ausgedehnt über einen unendlich kleinen Raum, in dem der Punkt  $(x, y, z)$  liegt, sind die Integrale, welche die zweiten Theile von  $\frac{\partial U}{\partial x}$ ,  $\frac{\partial V}{\partial y}$ ,  $\frac{\partial W}{\partial z}$  bilden, unendlich klein. Von der Richtigkeit der letzten Behauptung überzeugt man sich leicht durch dasselbe Verfahren, durch welches Gauss nachgewiesen hat, daß zu dem Potentiale von Massen, die continuirlich einen Raum erfüllen, in Beziehung auf einen Punkt in diesem Raume die Massen, die dem Punkte unendlich nahe liegen, nur unendlich wenig beitragen<sup>1)</sup>. Ersetzt man in dem Integrale, welches die rechte Seite der gefundenen Gleichung bildet, die nach  $x, y, z$  genommenen Differentialquotienten durch die negativen nach  $x', y', z'$  genommenen, zerlegt dasselbe in drei Theile und integrirt den ersten partiell nach  $x'$ , den zweiten nach  $y'$ , den dritten nach  $z'$ , so erhält man:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} \\ &= - \int \frac{dS'}{r} [u' \cos(N', x) + v' \cos(N', y) + w' \cos(N', z)] \\ & \quad - \int \frac{dx' dy' dz'}{r} \left( \frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial y'} + \frac{\partial w'}{\partial z'} \right); \end{aligned}$$

wo  $N'$  die nach Innen gerichtete Normale des Oberflächenelementes  $dS'$  bezeichnet. Mit Rücksicht auf die Gleichungen (6), (5) und (4) läßt sich diese Gleichung aber schreiben:

1) Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins; 1839 S. 7.

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = \frac{1}{2} \frac{\partial \Omega}{\partial t}.$$

Hieraus folgt:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = -8k \left( 2\pi\varepsilon - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Omega}{\partial t^2} \right). \quad (7)$$

Man ersieht aus dieser Gleichung sehr deutlich, daß nur ausnahmsweise  $\varepsilon = 0$  seyn kann, daß also im Allgemeinen auch im Innern des Leiters sich freie Elektrizität befindet. Es ist wohl wahrscheinlich, daß bei den sogenannten mechanischen Wirkungen des Entladungsstromes einer Leydner Flasche, z. B. dem Zerstäuben eines feinen Drahtes, diese im Innern befindliche freie Elektrizität eine wesentliche Rolle spielt.

Ich will die hier entwickelte Theorie jetzt auf den Fall anwenden, den ich in der im Eingange angeführten Abhandlung betrachtet habe, auf den Fall nämlich, daß der Leiter ein unendlich dünner Draht ist, in dessen Nähe keine andere elektrische Körper vorhanden sind. Ich will nachweisen, daß diese allgemeinere Theorie dieselben Resultate liefert, die ich dort hergeleitet habe, außerdem aber noch gewisse Fragen beantwortet, die dort unbeantwortet geblieben sind.

Ich werde die allgemeinen Gleichungen zunächst vereinfachen durch die Einführung der Voraussetzung, daß der Leiter ein Cylinder von kreisförmigem Querschnitt ist, und daß die Strömungen, sowie die Vertheilung der freien Elektrizität, symmetrisch zur Axe sind. Ich nehme die Axe zur  $x$  Axe; für  $y$  und  $z$  führe ich neue Coordinaten  $\rho$  und  $\varphi$  ein, so, daß

$$y = \rho \cos \varphi, \quad z = \rho \sin \varphi$$

ist; entsprechend setze ich:

$$y' = \rho' \cos \varphi', \quad z' = \rho' \sin \varphi'.$$

Ich bezeichne ferner die Stromdichtigkeit der auf der Axe des Cylinders senkrechten Componente des Stromes — positiv gerechnet in der von der Axe fortgehenden Richtung — für den Punkt  $(x, \rho, \varphi)$  durch  $\sigma$  und für den Punkt  $(x', \rho', \varphi')$  durch  $\sigma'$ . Es ist dann:

$$\begin{aligned} v &= \sigma \cos \varphi, & w &= \sigma \sin \varphi, \\ v' &= \sigma' \cos \varphi', & w' &= \sigma' \sin \varphi'. \end{aligned}$$

Man hat daher:

$$u = -2k \left( \frac{\partial \Omega}{\partial x} + \frac{4}{c^2} \frac{\partial U}{\partial t} \right), \quad (8)$$

wo

$$U = \int \frac{dx' \varrho' d\varphi' d\varphi'}{r^3} (x-x') [u'(x-x') + \sigma' (\varrho \cos \varphi - \varphi' - \varrho')] \quad (9).$$

Vernachlässigt man die Wirkung der auf den Grundflächen des Cylinders befindlichen freien Elektrizität, so läßt sich, wenn  $\alpha$  den Radius des Cylinders bezeichnet, die Gleichung (4) schreiben:

$$\Omega = \int \frac{dx' \varrho' d\varphi' d\varphi'}{r} \varepsilon' + \alpha \int \frac{dx' d\varphi'}{r} \varepsilon' \quad (10).$$

Die Gleichung (5) wird:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\varrho} \frac{\partial \varrho \sigma}{\partial \varphi} = -\frac{1}{2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}; \quad (11)$$

und die Gleichung (6), die sich auf die Oberfläche bezieht:

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}. \quad (12)$$

Die Ausdrücke von  $\Omega$  und  $U$  nehmen eine wesentlich einfachere Gestalt an, wenn man die Voraussetzung einführt, daß der Querschnitt des Cylinders unendlich klein ist, während seine Länge eine endliche ist. Ich nenne  $l$  diese Länge, den Anfangspunkt der Coordinaten lege ich in den Mittelpunkt des Cylinders, die Integrationen nach  $x'$  sind dann von  $-\frac{l}{2}$  bis  $+\frac{l}{2}$  auszudehnen. Der Kürze wegen setze ich

$$x' - x = \xi;$$

für  $dx'$  kann dann in den Integralen  $d\xi$  geschrieben werden; die Integrationen nach  $\xi$  sind zwischen den Grenzen  $-\frac{l}{2} - x$  und  $\frac{l}{2} - x$  zu nehmen, von denen die erste stets negativ, die zweite stets positiv ist. Die in den Integralen vorkommende GröÙe  $r$  ist bestimmt durch die Gleichung

$$r^2 = \xi^2 + \beta^2,$$

wo

$$\beta^2 = \varrho^2 + \varrho'^2 - 2\varrho\varrho' \cos(\varphi - \varphi').$$

Um mit der Umformung des zweiten Theiles von  $\Omega$  zu beginnen, denke ich mir in dem Integrale

$$\int_{-\frac{l}{x}-2}^{\frac{l}{2}-x} \frac{d\xi e'}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}}$$

$e'$  nach dem Taylor'schen Satze nach Potenzen von  $\xi$  entwickelt, also gesetzt:

$$e' = e + \frac{\partial e}{\partial x} \xi + \frac{\partial^2 e}{\partial x^2} \frac{\xi^2}{1.2} + \dots;$$

die einzelnen Theile, in welche das Integral sich dann zerlegen läßt, sind von der Form:

$$\frac{1}{1.2 \dots n} \frac{\partial^n e}{\partial x^n} \int \frac{\xi^n d\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}}.$$

Es ist aber:

$$\int \frac{\xi^n d\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}} = \frac{1}{n} \xi^{n-1} \sqrt{\beta^2 + \xi^2} - \frac{n-1}{n} \beta^2 \int \frac{\xi^{n-2} d\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}}$$

und

$$\int \frac{d\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}} = \lg(\xi + \sqrt{\beta^2 + \xi^2})$$

$$\int \frac{\xi d\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}} = \sqrt{\beta^2 + \xi^2}.$$

Wenn  $\beta$  unendlich klein ist, was stattfindet, wenn  $\alpha$  unendlich klein ist, so wird hiernach der erste, und nur der erste, jener Theile unendlich groß. Man darf daher alle folgenden Theile gegen den ersten vernachlässigen, also setzen:

$$\int \frac{e' d\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}} = 2e \lg \frac{\sqrt{l^2 - 4x^2}}{\beta},$$

oder auch, indem man wieder Endliches gegen unendlich Großes vernachlässigt:

$$= 2e \lg \frac{l}{\beta}.$$

Weiter ist nun:

$$\int_0^{2\pi} \lg \beta d\varphi' = 2\pi \lg \varrho', \text{ wenn } \varrho' > \varrho.$$

In dem zweiten Theile von  $\Omega$  ist  $\varrho' = \alpha$  zu setzen; es ist daher dieser zweite Theil, nämlich

$$\alpha \int \frac{dx' d\varphi'}{r} e', \\ = 4\pi \alpha e \lg \frac{l}{\alpha}.$$

Aehnliche Betrachtungen lassen sich in Beziehung auf den ersten Theil von  $\Omega$  anstellen. Bezeichnet man den Werth, den  $\varepsilon$  in dem Punkte  $(x, \varrho', \varphi')$  hat, durch  $\varepsilon_0$ , so findet man durch dieselben, daß

$$\int \frac{\varepsilon' dx'}{r} = 2\varepsilon_0 \lg \frac{l}{\beta}$$

gesetzt werden darf; weiter ist:

$$\int \lg \beta d\varphi' = 2\pi \lg \varrho', \text{ wenn } \varrho' > \varrho \\ \text{und} \quad = 2\pi \lg \varrho, \text{ wenn } \varrho > \varrho':$$

für den einen, wie für den andern dieser beiden Ausdrücke kann man aber  $2\pi \lg \alpha$  schreiben, wenn man Endliches gegen unendlich Großes vernachlässigt; es wird deshalb

$$\int \frac{dx' \varrho' d\varphi' d\varphi'}{r} \varepsilon' = 4\pi \lg \frac{l}{\alpha} \int_0^{\alpha} \varrho' d\varrho' \varepsilon_0.$$

Setzt man

$$2\pi \alpha e + 2\pi \int_0^{\alpha} \varrho' d\varrho' \varepsilon_0 = E,$$

d. h. bezeichnet man durch  $E dx$  die Menge freier Electricität, die in dem dem Elemente  $dx$  entsprechenden Theile des Drahtes enthalten ist<sup>1)</sup>, so ergibt sich also;

$$\Omega = 2E \lg \frac{l}{\alpha} \quad (13).$$

1) Es ist  $E$  hier dieselbe GröÙe, die ich in der oben angeführten Abhandlung  $e$  genannt habe.



In derselben Weise läßt sich der Ausdruck von  $U$  in der Gleichung (9) behandeln. In demselben denke ich mir  $u'$  und  $\sigma'$  nach Potenzen von  $\xi$  entwickelt, und dabei die Werthe von  $u$  und  $\sigma$  für den Punkt  $(x, \varrho', \varphi')$  durch  $u'_0$  und  $\sigma'_0$  bezeichnet. In den Theilen, in welche der Ausdruck sich dann zerlegen läßt, kommen Integrale vor von der Form:

$$\int \frac{\xi^n d\xi}{(\beta^2 + \xi^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Es ist:

$$\int \frac{\xi^n d\xi}{(\xi^2 + \xi^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{n-2} \frac{\xi^{n-1}}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}} - \frac{n-1}{n-2} \beta^2 \int \frac{\xi^{n-2} d\xi}{(\beta^2 + \xi^2)^{\frac{3}{2}}},$$

$$\int \frac{\xi d\xi}{(\beta^2 + \xi^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{1}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}}$$

$$\int \frac{\xi^3 d\xi}{(\beta^2 + \xi^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{\xi}{\sqrt{\beta^2 + \xi^2}} + \lg(\xi + \sqrt{\beta^2 + \xi^2}).$$

Von den Integralen der betrachteten Form, wenn sie genommen werden von einer negativen bis zu einer positiven endlichen Gränze, ist daher dasjenige, für welches  $n=2$  ist, und nur dieses unendlich groß, falls  $\beta$  unendlich klein ist. Alle übrigen Integrale lassen sich daher gegen dieses vernachlässigen und in ihm kann der endliche Theil auch fortgelassen werden. Als Faktor kommt in demselben die Größe

$$u'_0 - \frac{\partial \sigma'_0}{\partial x} (\varrho \cos \varphi - \varphi' - \varrho')$$

vor; wegen der Kleinheit von  $\varrho$  und  $\varrho'$  kann aber hierfür  $u'_0$  gesetzt werden. Hiernach erhält man durch eine Rechnung, die derjenigen gleich ist, welche oben in Bezug auf  $\Omega$  angestellt ist:

$$U = 4\pi \log \frac{1}{a} \int \varrho' d\varrho' u'_0.$$

Bezeichnet man die Elektrizitätsmenge, welche in der Zeiteinheit durch den Querschnitt des Drahtes fließt, also die Intensität des Stromes, durch  $i$ , so läßt sich diese Gleichung einfacher schreiben:

$$U = 2i \log \frac{l}{a}.$$

Substituirt man diesen Werth von  $U$  und den Werth von  $\Omega$  aus (13) in die Gleichung (8), so erhält man:

$$u = -4 \log \frac{l}{a} k \left( \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{4}{c^2} \frac{\partial i}{\partial t} \right).$$

Die rechte Seite dieser Gleichung ist unabhängig von  $\varrho$ , es ist also auch  $u$  von  $\varrho$  unabhängig und daher

$$i = \pi \alpha^2 u;$$

mithin ist auch:

$$i = -4 \pi \alpha^2 k \log \frac{l}{a} \left( \frac{\partial E}{\partial x} + \frac{4}{c^2} \frac{\partial i}{\partial t} \right). \quad (14)$$

Eine zweite Gleichung zwischen den Größen  $E$  und  $i$  erhält man aus den Gleichungen (11) und (12). Multiplicirt man nämlich die erste von diesen mit  $\varrho d\varrho d\varphi$ , integrirt sie über den Querschnitt des Drahtes und zieht von ihr die zweite ab, nachdem diese mit  $2\pi\alpha$  multiplicirt ist, so erhält man:

$$\frac{\partial i}{\partial x} = -\frac{1}{2} \frac{\partial E}{\partial t}. \quad (15)$$

Bei der Ableitung der Gleichungen (14) und (15) ist vorausgesetzt, daß der Draht gerade ist. Da dieselben aber zeigen, daß auf den elektrischen Zustand an einer Stelle des Drahtes die elektrischen Zustände aller Punkte, die in endlicher Entfernung von dieser liegen, von keinem Einfluß sind, so werden sie auch gelten, wenn der Draht gekrümmt ist, sobald nur der Radius der Krümmung überall endlich ist und nicht Punkte unendlich nahe an einander liegen, zwischen denen ein endliches Stück des Drahtes sich befindet. Die Gleichungen (14) und (15) sind aber dieselben als diejenigen, zu denen ich für denselben Fall in der oben angeführten Abhandlung gekommen bin. Die hier entwickelte allgemeinere Theorie führt, also zu denselben Resultaten, als die dort aus einander gesetzte; sie führt aber auch noch zu weiteren. Hat man nämlich aus (14) und (15)  $E$  bestimmt, dann aus (13)  $\Omega$ , so kann man durch Integration von (7)  $\varepsilon$ , oder die Dichtigkeit der freien Elek-

tricität im Innern des Drahtes, finden, sobald nur für den Anfangspunkt der Zeit  $\varepsilon$  gegeben ist. Ist der Anfangswerth von  $\varepsilon$  unabhängig von  $\varrho$ , so ist immer  $\varepsilon$  hiervon unabhängig, d. h. die Dichtigkeit der freien Elektrizität in allen Punkten eines Querschnitts ist dieselbe; denn nach (13) ist  $\Omega$  unabhängig von  $\varrho$ , und in der Gleichung (7) kommt  $\varrho$  nicht vor. Nach der Bestimmung von  $\varepsilon$  kann man weiter  $e$  finden; wenn der Anfangswerth von  $\varepsilon$  unabhängig von  $\varrho$  ist, was vorausgesetzt werden soll, so dient hierzu die Gleichung:

$$E = 2\pi\alpha e + \pi\alpha^2 \varepsilon.$$

Unter derselben Voraussetzung ist es endlich leicht aus  $e$   $\sigma$  zu berechnen; es ist nämlich:

$$\sigma = \frac{1}{2} \varrho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t}.$$

Dafs diese Gleichung für  $\varrho = \alpha$  richtig ist, lehrt die Gleichung (12), und dafs  $\sigma$  proportional mit  $\varrho$  ist, die Gleichung (11); multiplicirt man nämlich diese mit  $\varrho d\varrho$  und integrirt sie, indem man benutzt, dafs  $u$  und  $\varepsilon$  unabhängig von  $\varrho$  sind, so findet man aus ihr:

$$\sigma = -\frac{\varrho}{2} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right) + \frac{\text{Const.}}{\varrho}.$$

Die Constante der Integration mufs aber gleich 0 seyn, denn für  $\varrho = 0$  darf  $\sigma$  nicht unendlich werden, sondern es mufs im Gegentheil verschwinden, weil in der Axe des Drahtes die Strömungen die Richtung der Axe haben müssen.

Ich habe die Lösung der Gleichungen (14) und (15) an dem mehrfach erwähnten Orte für einen Fall discutirt, dem man sich um so mehr nähert, je kleiner man den Widerstand des Drahtes macht, und habe nachgewiesen, dafs in diesem Falle sich die Elektrizität in dem Drahte ähnlich fortpflanzt, wie eine Welle in einer gespannten Saite, und zwar mit der Geschwindigkeit, die das Licht im leeren Raume hat. Es ist von Interesse auch den entgegenge-

setzten Fall zu untersuchen, den nämlich, dem man sich um so mehr nähert, je größer der Widerstand des Drahtes wird. Ich will dieses hier thun unter der Voraussetzung, daß die beiden Enden des Drahtes mit einander verbunden sind.

Ich bezeichne wieder, wie in der früheren Abhandlung, den Widerstand des Drahtes durch  $r$ , und setze

$$\log \frac{l}{a} = \gamma;$$

dann ist die Lösung der Differentialgleichungen (14) und (15), welches auch der Werth von  $r$  seyn möge, die folgende:

$$E = \sum (C_1 e^{-\lambda_1 t} + C_2 e^{-\lambda_2 t}) \sin nx \\ + (C_1' e^{-\lambda_1 t} + C_2' e^{-\lambda_2 t}) \cos nx,$$

$$i = \sum -\frac{1}{2n} (\lambda_1 C_1 e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2 e^{-\lambda_2 t}) \cos nx \\ + \frac{1}{2n} (\lambda_1 C_1' e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2 C_2' e^{-\lambda_2 t}) \sin nx;$$

wo  $n$  ein Vielfaches von  $\frac{2\pi}{l}$  bezeichnet,  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  die Werthe:

$$\frac{c^2 r}{32 \gamma l} \left[ 1 \pm \sqrt{1 - \left( \frac{32 \gamma}{c r \sqrt{2}} n l \right)^2} \right]$$

haben,  $C_1, C_2, C_1', C_2'$  willkürliche Constanten sind, und die Summation über alle Werthe von  $n$  auszudehnen ist. Die Constanten  $C$  bestimmen sich leicht, sobald für  $t=0$   $E$  und  $i$  gegeben sind; hat man nämlich die Functionen von  $x$ , in welche für  $t=0$   $E$  und  $i$  übergehen sollen, dargestellt in der Form:

$$\sum (E_n \sin nx + E_n' \cos nx)$$

und

$$\sum (-i_n \cos nx + i_n' \sin nx),$$

so hat man die Gleichungen:

$$E_n = C_1 + C_2$$

$$i_n = \frac{1}{2n} (\lambda_1 C_1 + \lambda_2 C_2)$$

und

$$E_n = C_1' + c_2'$$

$$i_n = \frac{1}{2n} (\lambda_1 C_1' + \lambda_2' C_2');$$

die Auflösungen dieser sind:

$$C_1 = \frac{\lambda_2 E_n - 2ni_n}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

$$C_2' = \frac{-\lambda_1 E_n + 2ni_n}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

$$C_1' = \frac{\lambda_2 E_n' - 2ni_n'}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

$$C_2' = \frac{-\lambda_1 E_n' + 2ni_n'}{\lambda_2 - \lambda_1}.$$

In der früheren Abhandlung ist der Fall untersucht, daß

$$\frac{32\gamma}{cr\sqrt{2}}$$

als unendlich groß betrachtet werden kann; es soll nun angenommen werden, daß diese GröÙe unendlich klein ist. Es sind dann die beiden Wurzeln  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  reell; ist  $\lambda_2$  die gröÙere von beiden, so ist bei Vernachlässigung von Gliedern niederer Ordnung:

$$\lambda_2 = \frac{c^2 r}{16\gamma l}, \quad \lambda_1 = \frac{8\gamma l}{r} n^2.$$

Hieraus folgt:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \left( \frac{16\gamma}{cr\sqrt{2}} n l \right)^2;$$

dieser Ausdruck ist unendlich klein, da  $nl$  ein Vielfaches von  $2\pi$  also endlich ist. Die Ausdrücke der GröÙen  $C$  lassen sich hiernach schreiben:

$$C_1 = E_n - \frac{2n}{\lambda_2} i_n, \quad C_1' = E_n' - \frac{2n}{\lambda_2} i_n';$$

$$C_2 = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2} E_n + \frac{2n}{\lambda_2} i_n, \quad C_2' = -\frac{\lambda_1}{\lambda_2} E_n' + \frac{2n}{\lambda_2} i_n'.$$

Der Coefficient von  $\sin nx$  in dem Ausdrucke von  $E$  wird daher:

$$E_n (e^{-\lambda_1 t} - \frac{\lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_2 t}) - \frac{2n}{\lambda_2} i_n (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

oder

$$E_n e^{-\lambda_1 t} - \frac{2n}{\lambda_2} i_n (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}),$$

und der Coëfficient von  $-\cos nx$  in dem Ausdrücke von  $i$ :

$$E_n \frac{\lambda_1}{2n} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) i_n \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t} \right)$$

Man erhält hieraus die Coëfficienten von  $\cos nx$  in  $E$  und von  $\sin nx$  in  $i$ , wenn man für  $E_n$  und  $i_n$  setzt  $E'_n$  und  $i'_n$ . Schließt man den Fall aus, daß der Anfangswerth von  $i$  unendlich groß ist gegen die Werthe, die  $i$  bei ungeändertem Anfangswerthe von  $E$  erhält, wenn der Anfangswerth von  $i=0$  ist, so vereinfachen sich diese Ausdrücke. Es ist nämlich aus ihnen ersichtlich, daß, wenn für  $t=0$   $i=0$ , d. h. wenn  $i_n=0$  ist,  $i$  von der Ordnung von  $E \frac{\lambda_1}{2n}$  ist; es ist also bei der ausgesprochenen Beschränkung  $i$  von der Ordnung  $E_n \frac{\lambda_1}{2n}$ , und es werden sich die Coëfficienten von  $\sin nx$  in  $E$  und von  $-\cos nx$  in  $i$  schreiben lassen:

$$E_n e^{-\lambda_1 t}$$

und

$$E_n \frac{\lambda_1}{2n} e^{-\lambda_1 t} + (i_n - E_n \frac{\lambda_1}{2n}) e^{-\lambda_2 t}.$$

Schließt man ferner von der Betrachtung diejenigen Werthe von  $t$  aus, die so klein sind, daß  $\lambda_1 t$  unendlich klein ist, so ist  $\lambda_2 t$  unendlich groß, und daher der zweite Term in dem zweiten dieser Ausdrücke gegen den ersten zu vernachlässigen. Da dieselben Betrachtungen auch in Bezug auf die Coëfficienten von  $\cos nx$  und von  $\sin nx$  in den Ausdrücken von  $E$  und  $i$  gelten, so werden diese Ausdrücke, wenn man noch für  $\lambda_1$  den oben aufgestellten Werth substituirt:

$$E = \Sigma (E_n \sin nx + E'_n \cos nx) e^{-\frac{8\gamma^l}{r} n^2 t} \quad (16)$$

$$i = \frac{4\gamma^l}{r} \Sigma n (-E_n \cos nx + E'_n \sin nx) e^{-\frac{8\gamma^l}{r} n^2 t}. \quad (17)$$

Diese Ausdrücke sind unabhängig von  $c$ ; es sind die Lösungen der Differentialgleichungen, die aus (14) und (15)

entstehen, wenn man  $c$  unendlich groß setzt, nämlich der Differentialgleichungen:

$$i = -\frac{4\gamma l}{r} \frac{\partial E}{\partial x}$$

$$\frac{\partial i}{\partial x} = -\frac{1}{2} \frac{\partial E}{\partial t}.$$

Eliminirt man aus diesen  $i$ , so erhält man:

$$\frac{\partial E}{\partial t} = \frac{8\gamma l}{r} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2},$$

welche Gleichung von derselben Form als diejenige ist, welche die Fortpflanzung der geleiteten Wärme bestimmt. In dem betrachteten Falle pflanzt sich also die Elektrizität ähnlich wie die geleitete Wärme fort.

Dafs bei der über den Widerstand  $r$  gemachten Voraussetzung die Gleichungen (16) und (17) wirklich Lösungen der Gleichungen (14) und (15) sind, läfst sich auch leicht *a posteriori* nachweisen. Man überzeugt sich nämlich ohne Schwierigkeit, dafs bei jener Voraussetzung  $\frac{4}{c_2} \frac{\partial i}{\partial x}$  unendlich klein gegen  $\frac{\partial E}{\partial x}$  ist, wenn für  $i$  und  $E$  ihre Werthe aus (17) und (16) gesetzt werden.

In ganz ähnlicher Weise, wie der Fall, dafs der Draht ein in sich zurückkehrender ist, hier behandelt ist, läfst sich auch der Fall behandeln, dafs die Enden des Drahtes getrennt sind und in ihnen das Potential zwei constante Werthe hat. Man findet für diesen unter der Voraussetzung, dafs der Widerstand des Drahtes groß genug ist, dieselbe Analogie zwischen der Fortpflanzung der Elektrizität und der der geleiteten Wärme, die sich hier gezeigt hat.

Bei dem Jacobi'schen Widerstandsetalon, einem Kupferdrahte von 7<sup>m</sup>,62 Länge und 0<sup>mm</sup>,333 Radius ist, wie an dem mehrfach erwähnten Orte gezeigt ist,

$$\frac{32\gamma}{rc\sqrt{2}} = 2070;$$

bei einem Drahte von demselben Material, demselben Querschnitt und einer Länge von 1000 Kilometer ist dieselbe

Größe = 0,034; sie kann bei jenem näherungsweise als unendlich groß, bei diesem als unendlich klein betrachtet werden; es pflanzt sich bei jenem die Elektrizität ähnlich wie eine Welle in einer Saite, bei diesem wie die geleitete Wärme fort.

Thomson<sup>1)</sup> hat die Bewegung der Elektrizität in einem unterseeischen Telegraphendrahte untersucht; er hat dabei die Annahme gemacht, ohne die Zulässigkeit derselben zu prüfen, daß die Induction keinen merklichen Einfluß ausübt, und hat gezeigt, daß dann die Elektrizität sich wie die geleitete Wärme bewegt. Die hier durchgeführten Betrachtungen beweisen, daß jene Annahme schon bei einem einfachen Drahte erfüllt ist, wenn die Länge desselben nur groß genug ist; sie wird um so mehr richtig seyn bei einem unterseeischen Telegraphendrahte, bei dem die Bewegung der Elektrizität in Folge der im Meereswasser stattfindenden Leitung erheblich verlangsamt wird.

1) *Phil. Mag. Ser. IV, Vol. II, p. 157.*

III.

Au  
Säur  
sicht  
Eige  
papi  
chen  
läug  
rer s  
gend  
des V  
gen  
Zusa  
Bors  
F  
sicht  
stät  
zehn  
schic  
Gan  
hind  
Aton  
ents  
Bor  
durd  
stein  
sen  
gew  
Aton  
1)  
S  
2)  
C  
Pa



### III. Ueber das Verhalten der Borsäure zur Weinsteinsäure; von Heinr. Rose.

Auf nassem Wege ist die Borsäure eine so schwache Säure, daß sie selbst der Kohlensäure in mancher Hinsicht an Stärke als Säure nachsteht. Diese schwach saure Eigenschaft der Borsäure, so wie auch die das Curcumpapier zu bräunen, sind Ursach gewesen, daß man sie in manchen Fällen als Base betrachtet hat, und es läßt sich nicht läugnen, daß durch solche Ansicht die Constitution mehrerer sonderbar zusammengesetzter Salze sich auf eine genügende Weise erklären läßt. Es sind die Verbindungen des Weinstens mit dem Borax und der Borsäure. Sie zeigen nach Duflos Untersuchungen <sup>1)</sup> eine wahrscheinliche Zusammensetzung, wenn man annimmt, daß in ihnen die Borsäure als Base mit der Weinsteinsäure verbunden ist.

Eine Reihe von Versuchen, welche ich in dieser Hinsicht angestellt habe, scheint auch diese Ansicht zu bestätigen. Es wurden gleiche Mengen von Borax, in der zehnfachen Menge von Wasser heiß aufgelöst, mit verschiedenen Mengen von Weinsteinsäure versetzt, und das Ganze nach dem Erkalten lange Zeit, mehrere Wochen hindurch, stehen gelassen. Durch den Zusatz von einem Atomgewicht von Weinsteinsäure <sup>2)</sup> zu einem des Borax entstand nach längerer Zeit eine geringe Abscheidung von Borsäure. Ein weit größerer Absatz dieser Säure erfolgte durch den Zusatz von zwei Atomgewichten der Weinsteinsäure; die größte Menge von Borsäure wurde indessen aus einem Atomgewicht des Borax durch drei Atomgewichte der Weinsteinsäure ausgeschieden. Wurden vier Atomgewichte der Weinsteinsäure angewandt, so erfolgte

1) Schweigger-Seidel, neues Jahrbuch der Chemie und Physik Bd. 4, S. 188 und S. 333.

2) Unter ein Atom Weinsteinsäure ist bei diesen Versuchen noch immer  $C^4H^2O^5 + H$  verstanden; das Atomgewicht ist daher 937,5.

eine Abscheidung von Borsäure ungefähr von derselben Menge, wie sie durch zwei Atomgewichte der organischen Säure hervorgebracht worden war; eben so wie die Beimengung von fünf Atomgewichten Weinsteinsäure zu einem des Borax denselben scheinbaren Erfolg hatte, wie der Zusatz von einem Atom Weinsteinsäure. Durch sechs Atomgewichte dieser Säure wurden nach dem langen Stehen nur Spuren von Borsäure abgesetzt; durch sieben Atomgewichte von Weinsteinsäure aber zu einem des Borax konnte vollständig die Ausscheidung der Borsäure verhindert werden.

Diese Resultate führen, es ist nicht zu läugnen, zu dem Schlusse, daß die Borsäure sich wie eine schwache Base zur Weinsteinsäure verhalten müsse. Denn sie sind denen analog, welche solche Oxyde hervorbringen können, die bald als schwache Basen, bald als schwache Säuren auftreten können. Setzen wir zu einer Lösung von Thonerde in Kalihydrat, in welcher erstere als Säure zu betrachten ist, nach und nach eine stärkere Säure, z. B. verdünnte Schwefelsäure hinzu, so scheidet die stärkere Säure zuerst die schwächere aus; eine gröfsere Menge von ersterer aber löst den entstandenen Niederschlag wiederum auf, und in dieser Lösung ist die Thonerde Base geworden.

Wenn man indessen die Eigenschaften der Borsäure genauer untersucht, so stöfst man auf Thatsachen, welche mit der Ansicht von der basischen Natur der Borsäure nicht zu vereinigen sind.

Schon das Verhalten der Borsäure gegen andere Säuren, welche von weit stärker saurer Natur als die Weinsteinsäure sind, steht damit in Widerspruch. Gegen diese müßte die Borsäure ihre Eigenschaft als Base noch auffallender dadurch zeigen, daß sie in ihnen noch löslicher wäre. Das ist aber nicht der Fall. In Schwefelsäure, in Salpetersäure und in Chlorwasserstoffsäure löst sich zwar die Borsäure durchs Erwärmen auf, scheidet sich aber durchs Erkalten fast vollständig wieder aus, so daß man sie beinahe unlöslich in diesen Säuren bei der gewöhnlichen Tem-

peratur nennen möchte. Wenigstens ist der Unterschied der Löslichkeit der Borsäure in diesen Säuren gegen die in einer Lösung von Weinsteinsäure und in reinem Wasser sehr bedeutend. Wenn jene starke Säuren nur einigermaßen concentrirt sind und wenn man durchs Erhitzen Borsäurehydrat in ihnen gelöst hat, so ertheilt nach dem vollständigen Erkalten die getrennte Flüssigkeit dem starken Alkohol nicht die Eigenschaft mit grüner Flamme zu brennen; nur bisweilen sieht man Spuren von grüner Färbung. Am wenigsten löslich scheint die Borsäure in Salpetersäure zu seyn, so wie auch in Schwefelsäure. Nach Verjagung dieser Säuren durch erhöhte Temperatur bleibt nur ein höchst unbedeutender Rückstand von Borsäure zurück. Hat man Chlorwasserstoffsäure angewandt, so zeigt die von der ausgeschiedenen Borsäure abfiltrirte Flüssigkeit mit Alkohol mehr Spuren einer grünen Färbung, und nach dem Abdampfen einen geringen Rückstand an Borsäure.

Wenn man Borsäure in Alkohol löst, so brennt bekanntlich die Lösung mit einer grünen Flamme. Die Bildung von borsaurom Aethyloxyd bedingt in diesem Falle <sup>1)</sup> durch seine Verflüchtigung die grüne Färbung der Flamme; denn bindet man die Borsäure an eine starke Base, so verliert sie die Eigenschaft dem Alkohol eine grüne Flamme mitzutheilen, selbst auch, wenn das entstandene borsauere Salz vom Alkohol gelöst wird. — Auch brennt die alkoholische Lösung der Borsäure nur dann mit grüner Farbe, wenn der Alkohol concentrirt und nicht mit zu vielem Wasser verdünnt worden. Ist dieß der Fall, so ist die Farbe der Flamme bläulich, wie sie ein etwas verdünnter Alko-

1) Die grüne Farbe, welche Borsäure den Flammen mittheilt, zeigt sich immer, wenn Borsäure gemeinschaftlich mit brennbaren Gasen sich verflüchtigt. So erscheint sie, wenn Borsäurehydrat (nicht aber wasserfreie Borsäure, weil diese weniger flüchtig ist) mit Schwefel gemengt erhitzt wird, oder wenn Mischungen von borsaueren Salzen mit saurem schwefelsaurom Kali bei erhöhter Temperatur mit brennbaren Gasarten in Berührung kommen.

hol allein zeigt. Der Zusatz von Wasser verhindert also in diesem Falle die Bildung des borsäuren Aethyloxyds.

Es gehört keine große Menge von starker Base dazu um der Borsäure die Eigenschaft zu entziehen, dem Alkohol die grüne Flamme mitzutheilen. Schon der gewöhnliche Borax, den wir für ein saures Salz halten, zeigt, wenn seine concentrirte wässrige Lösung mit Alkohol vermischt angezündet wird, nur eine gelbe Natronflamme und die grüne Flamme erscheint erst, wenn man Schwefelsäure hinzugefügt, und die Borsäure von der Base getrennt hat. Aber dieselbe Erscheinung findet selbst beim vierfach borsäuren Natron statt, welches ebenfalls nur nach dem Zusetzen von concentrirter Schwefelsäure dem Alkohol die Eigenschaft ertheilt mit grüner Flamme zu brennen. — Man muß den Borax mit noch vier Atomgewichten von Borsäure zusammenschmelzen, so daß also 1 Atom Natron mit 6 Atomen Borsäure verbunden ist, wenn die concentrirte Lösung davon mit starkem Alkohol vermischt mit grüner Flamme brennen soll. Aber auch dann noch ist die Farbe nicht stark grün, und wird es erst nach dem Zusetzen von Schwefelsäure.

Fügt man zum Borax statt Schwefelsäure Chlorwasserstoffsäure, so wird erst durch einen bedeutenden Ueberschuß derselben und durch Concentrirung der Lösung durch Alkohol eine grüne Flamme erzeugt, und die Färbung ist nicht sehr stark. Deutlicher grün brennt die Lösung, wenn Salpetersäure hinzugefügt worden, aber nur in den ersten Augenblicken, ehe die Einwirkung der Salpetersäure auf Alkohol beginnt.

Auch die kohlensäuren Alkalien verhindern die grüne Färbung der alkoholischen Borsäureflamme. Eben so die alkalischen Erden, wie Kalkerde und kohlensaure Kalkerde, wobei erst durch Zusetzen von Säuren eine grüne Flamme entsteht.

Es ist bemerkenswerth, daß auch die alkalischen Chlormetalle die Borsäure so sättigen können, daß sie die Eigenschaft verliert, der Alkoholflamme eine grüne Farbe zu

ertheilen. Chlornatrium mit alkoholischer Borsäurelösung vermischt, thut dies; auch kann man dann noch ziemlich viel Chlorwasserstoffsäure hinzufügen, ohne eine grüne Flamme zu erhalten, die erst beim Zusetzen von Schwefelsäure sichtbar wird. — Dasselbe bewirkt auch Chlorkalcium, doch muß es in größerer Menge hinzugesetzt werden. Nur durch Hinzufügung von Schwefelsäure tritt die grüne Färbung ein, die dann aber schöner erscheint, weil die schwefelsaure Kalkerde sich leicht aus der alkoholischen Lösung abscheidet, während die gelbe Flamme, die durch Natronsalze hervorgebracht wird, störend auf die grüne Färbung der Borsäureflamme einwirkt.

Da Chlorwasserstoffsäure aus dem Borax die Borsäure wie die Schwefelsäure abscheiden kann, so ist es auffallend, daß von ersterer weit größere Mengen erfordert werden, um die grüne Färbung der alkoholischen Flamme hervorzubringen, und diese noch bei weitem schwächer ist, als die durch Schwefelsäure erzeugte. — Uebrigens verhindert reine Chlorwasserstoffsäure zu einer alkoholischen Borsäurelösung hinzugefügt nicht die Erzeugung der grünen Flamme.

Der Grund hiervon mag wohl der seyn, daß die Chlorwasserstoffsäure die Borsäure aus starken Basen nur bei gewöhnlicher Temperatur ausscheidet, während sie bei höherer Temperatur wegen ihrer Flüchtigkeit diese Wirkung gegen die Borsäure weniger und nur bei größerer Menge äußern kann.

Bei diesen Versuchen, wo Chlorwasserstoffsäure mit Alkohol auf einander wirken, muß man sich nicht durch die blaugrüne Färbung der Flamme, die durch Chloraethyl bewirkt wird, täuschen lassen und sie nicht mit der grünen, die Borsäure hervorbringt, verwechseln. Beide sind übrigens leicht von einander zu unterscheiden.

Es ist nun sehr auffallend, daß einige organische Säuren, besonders Weinsteinsäure sich gegen Borsäure in dieser Hinsicht wie starke Basen verhalten; sie entziehen der Borsäure die Eigenschaft in ihrer alkoholischen Lösung mit grüner Flamme zu brennen. Es gehört indessen eine

nicht unbedeutende Menge der organischen Säure dazu, um diese Wirkung hervorzubringen; gegen 1 Atom der Borsäure müssen nicht weniger als 10 Atome der krystallisirten Weinsteinsäure angewandt werden. Löst man dieses Gemenge in Alkohol auf, so kann man, wenn man denselben anzündet, durchaus keine grüne Färbung der Flamme bemerken, oder nur dann, wenn man so weit die Lösung abgedampft hat, daß die Weinsteinsäure anfängt sich stark zu verkohlen. — Fügt man aber zu der alkoholischen Lösung Schwefelsäure hinzu, so tritt die grüne Färbung sogleich eben so hervor, wie dies geschieht, wenn man diese Säure zu den Verbindungen der Borsäure mit starken Basen hinzufügt <sup>1)</sup>).

Ich habe angeführt, daß aus einer concentrirten Lösung des Borax die Weinsteinsäure durch die Länge der Zeit Borsäure abzuscheiden vermag, und am meisten, wenn zu einem Atomgewicht des Borax drei Atomgewichte der Weinsteinsäure hinzugefügt werden. Mengt man aber gepulverten Borax mit gepulverter Weinsteinsäure, so ertheilt das Gemenge, das leicht feucht wird, in welchem Verhältnisse auch beide Substanzen mit einander verbunden sind, dem Alkohol fast nicht oder nur sehr wenig die Eigenschaft mit grüner Flamme zu brennen; dagegen wird die grüne Farbe der Flamme sogleich sehr intensiv, wenn concentrirte Schwefelsäure hinzugefügt wird.

Wenn man aber aus einer concentrirten Lösung von Borax durch verschiedene Mengen von Weinsteinsäure einen Theil der Borsäure durch langes Stehen abgeschieden hat, so ertheilen die abgegossenen Flüssigkeiten, wenn sie mit Alkohol vermischt werden denselben nicht die Eigenschaft mit grüner Flamme zu brennen, und nur bei großer

1) Die Auflösung der Borsäure in Weinsteinsäure zeigt noch andere auffallende Eigenschaften. Wenn auch nicht viel Borsäure darin enthalten, und die Lösung concentrirt ist, so werden durch sie auf keine Weise krystallinische Niederschläge von Weinstein gebildet, wenn concentrirte Lösungen von Chlorkalium oder von schwefelsaurem Kali hinzugefügt werden.

Aufmerksamkeit kann man bisweilen in der Flamme eine grüne Einmischung bemerken. Wenn man hingegen Schwefelsäure hinzusetzt, so erscheint eine intensiv grün gefärbte Flamme.

Die von der ausgeschiedenen Borsäure abgegossenen Flüssigkeiten, als ein Atomgewicht des Borax auf die oben erwähnte Weise mit verschiedenen Mengen, 1 bis 7 Atomgewichten von Weinsteinsäure zersetzt wurde, verhielten sich, ungeachtet ihres verschiedenen Gehalts an Borsäure gegen Alkohol, alle ganz gleich und auf die so eben erwähnte Weise, das heisst, sie ertheilten alle dem Alkohol erst dann eine intensiv grüne Flamme, wenn sie mit concentrirter Schwefelsäure versetzt wurde.

Die verschiedenen Arten des sogenannten Boraxweinstein, obgleich sie nach den gewöhnlichen Vorstellungen freie Säure enthalten, können dem Alkohol nicht die Eigenschaft mittheilen mit grüner Flamme zu brennen. Löst man gemeinschaftlich ein Atomgewicht von Weinstein und ein Atomgewicht von Borsäure auf, und concentrirt die Lösung durch Abdampfen, so ertheilt sie dem Alkohol erst nach Zusatz von concentrirter Schwefelsäure die grüne Farbe. Wäre die Zusammensetzung dieser Verbindung wirklich  $\text{K}\bar{\text{T}} + \text{B}\bar{\text{T}}$ , wie man sie nach Duflos Untersuchungen annimmt, so müßte die concentrirte Lösung nach Zusatz von Weinsteinsäure oder auch von kleinen Mengen anderer Säuren Weinstein fallen lassen, was nicht der Fall ist. — Auch der gewöhnliche Boraxweinstein, der aus drei Theilen Weinstein und einem Theil Borax (was in diesem Falle mit Atomgewichten fast gleich bedeutend ist) bereitet wird, giebt auch nur nach Zusetzen von concentrirter Schwefelsäure dem Alkohol die Eigenschaft mit grüner Flamme zu brennen. Seine concentrirte Lösung läßt indessen durch Zusetzen von Weinsteinsäure, nicht aber einer anderen Säure, Weinstein fallen, da er wohl neutrales weinstein-saures Kali gemengt enthält.

Sehr kleine Mengen von neutralem weinstein-saurem Kali und von Seignettesalz verhindern eine große Menge



von Borsäure mit Alkohol eine grüne Flamme zu geben. Im ersten Falle wird die Farbe der Flamme rein violett, im zweiten Falle intensiv gelb, wie durch Kali- und Natronsalze allein. Nur durch Zusetzen von Schwefelsäure wird die Flamme grün. Schon  $\frac{1}{4}$  Atomgewicht von neutralem weinsteinsaurem Kali kann einem ganzen Atomgewicht Borsäure fast ganz die Eigenschaft nehmen, mit Alkohol grün zu brennen, es bewirkt also beinahe eben so viel wie 10 Atomgewichte freier Weinsteinsäure.

Man könnte das auffallende Verhalten der Weinsteinsäure zur Borsäure vielleicht so deuten, daß beim Zusetzen von Alkohol zu einer Mischung von Weinsteinsäure und Borsäure nur weinsteinsaures Aethyloxyd entsteht, und die Borsäure verhindert wird borsaures Aethyloxyd zu bilden, das erst dann durch Zusetzen von Schwefelsäure erzeugt wird. Abgesehen davon, daß andere Säuren gegen Borsäure sich nicht wie Weinsteinsäure verhalten, würde daraus hervorgehen, daß in diesem Falle die Schwefelsäure sich gleichsam mit der Weinsteinsäure als Base verbindet.

Von unorganischen Säuren verhält sich nur die Phosphorsäure gegen Borsäure der Weinsteinsäure in etwas ähnlich. Wird eine nicht zu sehr verdünnte Phosphorsäure (drei Theile einer syrupdicken Säure von der Dichtigkeit 2,348 wurden mit fünf Theilen Wasser gemischt angewandt) mit Borsäure erhitzt, so scheidet sich zwar nach dem Erkalten der größte Theil der Borsäure ab; die von dem Ausgeschiedenen getrennte Säure ertheilt indessen nicht dem Alkohol eine grüne Flamme, wohl aber nach dem Zersetzen von Schwefelsäure. Es gehören aber größere Mengen von Phosphorsäure dazu, um denselben Erfolg wie von geringeren Mengen von Weinsteinsäure zu erhalten.

Da nach Graf Schaffgotsch's Untersuchungen aus dem Hydrat der Borsäure alles Wasser durch eine lange dauernde Temperatur von  $100^{\circ}$  ausgetrieben werden kann, bei welcher sich freilich auch etwas Borsäure verflüchtigt, hingegen aus der Weinsteinsäure nicht, sondern diese stür-



ker, bis zu  $180^{\circ}$  erhitzt werden muß, wenn ein Theil oder der ganze Wassergehalt derselben ausgetrieben, und isomerische Modificationen der Säure erzeugt werden sollen, so muß, wenn die Borsäure in der That gegen die Weinsteinsäure als Base auftreten könnte, die schwächste aller Basen, das Wasser, von der Weinsteinsäure mittelst der Borsäure leicht zu trennen seyn. Gleiche Atomgewichte von wasserfreier Borsäure und von krystallisirter Weinsteinsäure wurden in Wasser gelöst, die Lösung vorsichtig bis zu einem dicken Syrup abgedampft und dieser sehr lange einer constanten Temperatur von  $100^{\circ}$  ausgesetzt. Aber nach einer fünftägigen Einwirkung der erhöhten Temperatur konnte erst das ursprüngliche Gewicht der Menge wieder erhalten werden, und die Weinsteinsäure hatte ihren ganzen ursprünglichen Wassergehalt noch behalten, während die Borsäure den ihrigen verloren hatte. Dabei fing die Masse an sich so aufzublähen, daß der Versuch unterbrochen, die Masse aus dem Platintiegel herausgenommen und zerrieben werden mußte, um den Versuch mit einem Theile der Masse weiter fortsetzen zu können. Aber auch durch erneute lange Behandlung bei  $100^{\circ}$  konnte endlich nur kaum der fünfte Theil des Wassers ausgetrieben werden, das in der Weinsteinsäure enthalten war, und der erhaltene Gewichtsverlust rührte wohl größtentheils davon her, daß die Weinsteinsäure beim ersten Eindampfen der Lösung an den Wänden des Gefäßes etwas braun gefärbt und zersetzt worden war.

Wird die Menge der Weinsteinsäure gegen die der Borsäure vermehrt, so wird durch die Erhitzung bei  $100^{\circ}$  zwar der Gewichtsverlust etwas größer, aber die Masse bläht sich stark auf, und zeigt durch eine starke Bräunung eine Zersetzung der Weinsteinsäure an. Bei Erhitzung von einem Atomgewicht wasserfreier Borsäure mit drei Atomgewichten krystallisirter Weinsteinsäure von  $100^{\circ}$  wurde ein Gewichtsverlust erhalten, der  $\frac{2}{3}$  tel des Wassergehalts der Weinsteinsäure entsprach, der aber offenbar zum größten Theile von der Zersetzung der Weinsteinsäure her-

rührte. Als dagegen ein Atom wasserfreier Borsäure mit fünf Atomen Weinsteinsäure erhitzt wurde, konnte nach der Lösung in Wasser die Masse bei 100° nicht mehr gut zu dem ursprünglichen Gewicht gebracht werden.

Man ersieht aus diesen Versuchen, daß die Borsäure aus der krystallisirten Weinsteinsäure das Wasser nicht auszutreiben vermag, daß aber durch die Beimischung der Borsäure zur Weinsteinsäure letztere leichter durch eine höhere Temperatur zersetzt zu werden scheint, als für sich allein.

Man hat das Verhalten der Borsäure zur Weinsteinsäure mit dem des Antimonoxys gegen dieselbe verglichen. Wir sehen aber, daß es ein verschiedenes ist. Das Antimonoxyd ist namentlich im Brechweinstein ohne Widerrede gegen die Weinsteinsäure Base, und treibt aus derselben das Wasser aus; es kann sogar bei 100° Wasserstoff und Sauerstoff als Wasser aus den Bestandtheilen der Säure verjagen.

Um mit einiger Gewisheit entscheiden zu können, welche von den beiden Säuren, die Weinsteinsäure oder die Borsäure in ihrer Verbindung als Base betrachtet werden könne, unterwarf ich dieselbe der Einwirkung der elektrischen Säule, weil diese vorzüglich mit ziemlicher Sicherheit über diese Zweifel entscheiden kann.

Um die Zersetzung der Weinsteinsäure zu verhindern, wandte ich nur eine schwache Säule von zwei Grove'schen Elementen an, und brachte eine Lösung von einem Atomgewicht Borsäure und von zehn Atomgewichten Weinsteinsäure, welches nach dem Zusetzen von starkem Alkohol nicht mit grüner Flamme brannte, in den Kreis derselben. Die Pole bestanden aus Platinstreifen und waren durch einen Thoncylinder von einander getrennt. Als nach wenigen Stunden die Flüssigkeiten an den beiden Polen untersucht wurden, brannte die vom positiven Pol nach einem Zusatz von starkem Alkohol mit starker grüner Flamme, die am negativen Pol aber nicht, wohl aber noch nach einem Zusetzen von Schwefelsäure. — Nach dem Resultate dieses Versuches wird es nicht mehr gut

möglich seyn, die Borsäure als Base in ihrer Verbindung mit Weinsteinsäure zu betrachten.

Die Traubensäure verhält sich in allen Stücken gegen Borsäure wie die Weinsteinsäure.

Ich habe oben angeführt, dafs man aus der Eigenschaft der Borsäure, das Curcumapapier zu bräunen einen Grund herleiten könne, sie als Base anzusehen. Aber die Bräunung dieses Reagenspapiers durch Borsäure ist eine eigenthümliche Eigenschaft, und sie hat keine Aehnlichkeit mit der, welche durch alkalische Lösungen auf Curcumapapier hervorgebracht wird. Letztere Bräunung erfolgt nämlich unmittelbar nach dem Eintauchen des Papiers, ist dann sehr stark auch bei schwachen alkalischen Lösungen und unterschieden braunroth, nimmt aber beim Eintrocknen einen anderen Ton an. Sie wird dann braun mit einem Stich ins Violette, und war die alkalische Lösung sehr schwach, so verschwindet sie nach dem Eintrocknen nach längerer Zeit fast ganz. — Diefs ist z. B. der Fall, wenn Curcumapapier in Kalkwasser getaucht worden. Die anfangs stark braunrothe Reaction ist nach 24 oder 36 Stunden gar nicht mehr sichtbar, und das Papier zeigt seine fast ursprüngliche Farbe. Die Bräunung hingegen, die durch eine wässerige oder spirituöse Lösung der Borsäure auf Curcumapapier hervorgebracht wird, ist besonders wenn das Papier nicht stark gefärbt ist, nach dem Eintauchen noch nicht zu bemerken und zeigt sich erst nach dem Eintrocknen. Sie ist dann schwach aber doch charakteristisch rothbräunlich.

Die schwach rothbräunliche Reaction wird aber auf eine auffallende Weise verstärkt, wenn die Lösung der Borsäure mit einer anderen Säure versetzt wird, und dann auf Curcumapapier eintrocknet. Alle Säuren haben diese Wirkung, doch weit mehr die stärkeren Säuren wie Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, selbst auch Weinsteinsäure, besonders aber verdünnte Schwefelsäure, als die schwächeren Säuren wie Essigsäure, welche alle für sich ganz ohne Einwirkung auf Curcumapapier sind. Nach dem völligen Eintrocknen erscheint dann das Papier reiner und stark roth.

Dafs die Bräunungen des Curcumapapiers durch alkalische Lösungen und durch Borsäure in gar keiner Verbindung mit einander stehen, ergiebt sich auch durch das Verhalten einer Boraxlösung gegen Curcumapapier. Dasselbe wird beim Eintauchen wie durch eine schwach alkalische Lösung sogleich braunroth, nach dem Eintrocknen bekommt die Farbe dann einen Stich ins Violette, nach längerer Zeit verschwindet sie ganz, oder hinterläßt eine höchst schwache durch Borsäure hervorgebrachte Reaction, die aber sehr schwach und nur bei grofser Aufmerksamkeit zu bemerken ist. Stärker und deutlicher tritt diese aber hervor, wenn eine Lösung des vierfach borsauen Natrons angewandt worden ist.

Die Boraxlösung verhält sich also gegen Curcumapapier beinahe wie eine schwache alkalische Lösung, wie z. B. Kalkwasser. Entsprängen die Färbungen des Curcumapapiers durch Borsäure und durch alkalische Lösungen aus einer ähnlichen Ursach, so müfste durch Boraxlösung eine verstärkte Wirkung hervorgebracht werden.

Die Reaction der Borsäure auf Curcumapapier durch eine Boraxlösung tritt aber im sehr verstärkten Maafse auf, wenn zu derselben eine Säure, namentlich eine stärkere, hinzugesetzt worden. Sie erhält dann freilich einen von reiner Borsäure etwas verschiedenen Ton, kann aber mit grofsem Vortheil benutzt werden, um selbst kleine Mengen von Borsäure oder von einem borsauen Salze in einer Lösung zu entdecken.

Die Borsäure ist nicht die einzige Säure, welche gegen Curcumapigment sich eigenthümlich verhält. Titansäure, Tantalsäure, die Säuren des Niobs, Zinnsäure, Zirkonerde, (von welcher diefs Brush schon vor einiger Zeit bemerkt hat), zeigen in ihren Lösungen in starken Säuren ein ähnliches Verhalten; nur sind die meisten der durch diese Säuren hervorgebrachten Veränderungen des Curcumapapiers in etwas, doch nicht sehr bedeutend von denen durch Borsäure erzeugten, verschieden.

IV.  
sche

In d  
Beru  
mach  
von  
Battu  
Art  
dafs  
sche  
zwei  
der  
ein  
wur  
tism  
in g  
appa  
höch  
statt  
die  
man  
brin  
wel  
zu  
dire  
trug  
12  
lich  
wei  
lais  
und  
An

1)

#### IV. *Ueber die elektromagnetische Wirkung voltaischer Ströme verschiedener Quellen; von W. Beetz.*

In den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern <sup>1)</sup> hat Hr. Hipp auf die Erscheinung aufmerksam gemacht, daß zwei gleich starke voltasche Ströme, deren einer von einer einpaarigen, der andere von einer vielpaarigen Batterie gleicher Einrichtung erregt wird, in verschiedener Art auf einen Eisenstab magnetisirend wirken, so zwar, daß der letztere den Magnetismus schneller hervorzurufen scheine, als der erstere. Diese Erscheinung wurde durch zwei Beobachtungsmethoden bestätigt. Bei der einen ging der Strom eines Elementes von großer Oberfläche durch ein Galvanometer und ein Relais. Die Relaisankerfeder wurde so stark gespannt, daß die Spannung dem Magnetismus beinahe das Gleichgewicht hielt. Wurde das Relais in gewöhnlicher Weise mit einem Morse'schen Schreibapparat verbunden, so konnte man in einer gegebenen Zeit höchstens 16 deutliche Punkte hervorbringen. Wurden statt des einen Elementes zwölf kleinere angewandt, welche die gleiche Ablenkung am Galvanometer gaben, so konnte man unter gleichen Umständen nun 26 Punkte hervorbringen. Die zweite Methode bestand darin, daß die Zeit, welche der Anker vom Momente der Stromschließung, bis zu dem Momente, in welchem er angezogen ist, brauchte, direct durch das Chronoskop gemessen wurde. Sie betrug bei Anwendung des einen Elementes 36, bei der von 12 Elementen 58 Tausendtheile einer Sekunde. Der mündlichen Mittheilung des Hrn. Hipp verdanke ich noch die weiteren Angaben, daß bei schwächerer Spannung der Relaisfeder dieser Unterschied immer unbedeutender wurde, und daß sich ein solcher in der Zeit des Lofsreißens des Ankers nicht zeigte.

1) 1855, S. 90.

Als Erklärung dieser Erscheinung ist mir nur die kurze Bemerkung bekannt, mit der Hr. Brix die Mittheilung der erwähnten Beobachtung begleitet hat <sup>1)</sup>, ob nämlich deren Grund nicht darin zu suchen sey, daß die beiden Ströme nach verschiedener Zeit, vielleicht in Folge der Polarisirung, die gleiche Stärke annehmen.

Ich bestätigte zunächst das Vorhandenseyn des beobachteten Unterschiedes durch einen Versuch, welcher sich recht wohl zum Vorlesungsversuche eignet. Ein selbstunterbrechender Hammer, dessen Hammervorrichtung durch Einschieben einer Glasplatte festgestellt war, wurde in eine Leitung geschaltet, welche durch einen Commutator bald eine einfache Grove'sche Kette, bald eine Batterie aus sechs solchen Elementen und dazu so viel Widerstandsdraht aufnahm, daß eine ebenfalls in die Leitung eingeschaltete Spiegelbussole immer die gleiche Ablenkung zeigte. Die Entfernung der Bussole vom Hammer war groß genug, um keinen directen Einfluß des Hammermagnets auf die Stellung des Stahlspiegels zu erlauben. Jetzt wurde die Hemmung des Hammers fortgenommen, und der Spannfeder desselben eine solche Stellung gegeben, daß, wenn das eine Element wirksam war, ein tiefer, aber deutlich bestimmbarer musikalischer Ton entstand, dessen Wahrnehmbarkeit noch dadurch erhöht wurde, daß der Hammerapparat auf einem Resonanzboden befestigt war. Dann wurden durch Umsetzen des Commutators die sechs Elemente in Thätigkeit gebracht. Der Ton war in diesem Falle höher, als vorher, die Anzahl der Unterbrechungen also größer. Ferner wurden der Feder andere Stellungen gegeben, welche eine schnellere Unterbrechung erzeugten, als zuvor, und wurden jedesmal die beiden Töne aufgezeichnet, welche bei Einschaltung des einen und der sechs Elemente entstanden. Die, diesen Tönen entsprechenden Anzahlen von Unterbrechungen wurden mittelst eines Monochords und einer  $c$  tönenden Normalstimmgabel jedesmal

1) Zeitschr. f. d. deutsch-öster. Telegraphenverein. Daraus in Dingl. pol. Journ. CXLVI. 33.\*

annähernd bestimmt. Als Beispiel der erhaltenen Ergebnisse führe ich die folgende Reihe an, in welcher ich der leichteren Uebersichtlichkeit wegen die musikalischen Bezeichnungen der Töne mit beigefügt habe.

1 Element	Ton	<u>As</u> —	<u>A</u>	<u>H</u>	<u>C</u>	<u>Cis</u>	<u>D</u>	<u>Dis</u>
	Zahl	100	106	120	128	136	144	153
6 Elemente	Ton	<u>As</u> +	<u>B</u>	<u>Cis</u> —	<u>D</u>	<u>Dis</u>	<u>F</u>	versagt
	Zahl	104	114	132	144	155	170	

Bei der letzten Federstellung hörte der Apparat zu arbeiten auf, wenn er durch sechs Elemente getrieben wurde.

Die vorstehende Reihe zeigt deutlich, daß der erwähnte Unterschied in der Geschwindigkeit der Ankerbewegung wirklich vorhanden ist, und daß er mit dem, der magnetischen Anziehung gebotenen Widerstande wächst. Wird der, in die sechspaarige Säule eingeschaltete Widerstand nicht, wie es bisher geschah, durch eine Widerstandsrolle, sondern durch einen langen, gespannten Draht gebildet, so findet trotzdem die gleiche, oder wenigstens fast gleiche, Beschleunigung der Ankerbewegung statt. Trotz dieser letzteren Beobachtung, welche dagegen zu sprechen scheint, ist die ganze Erscheinung durch die, bei den schnell aufeinander folgenden Schließungen erzeugten Inductionsströme bedingt.

Bei Gelegenheit des schon von W. Weber beobachteten Einflusses der Drehungsgeschwindigkeit einer magneto-elektrischen Maschine auf die Stromerregung hat Hr. Lenz<sup>1)</sup> die Ansicht aufgestellt, daß die Ursache der Nichtproportionalität des Wachstums der elektromotorischen Kraft und der Drehungsgeschwindigkeit solcher Maschinen nicht in der Trägheit des Eisens zur Annahme des Magnetismus ihren Hauptgrund habe, sondern in einer Rückwirkung des inducirten Stromes der Spiralen auf die inducirenden Eisen-cylinder, welche Ansicht er gegen die entgegengesetzte

1) *Bull. de St. Pé. VII, p. 257\**; *Pogg. Ann. LXXVI, S. 494.\**



von Sinstedten <sup>1)</sup> vertheidigt hat <sup>2)</sup>). Im vorliegenden Falle kann an eine Veränderung der Coërcitivkraft des Eisens, in deren Folge dieselbe der Magnetisirung durch gleich starke Ströme deshalb verschiedenen Widerstand entgegengesetzt, weil sie von verschiedener Quelle herrühren, nicht wohl gedacht werden. Dagegen ist es klar, daß die Rückwirkung auf die Eisencylinder je nach der Natur dieser Quelle eine andere werden muß. Man übersieht das am leichtesten, wenn man den Gang der Inductionswirkung in der Weise verfolgt, wie es Hr. Koosen <sup>3)</sup>, der sich der Ansicht von Lenz dem Hauptinhalte nach angeschlossen hat, in seiner Arbeit über die elektromagnetische Wirkung galvanischer Ströme von kurzer Dauer gethan hat.

Wenn man eine Kette durch einen um einen Eisenstab spiralförmig gewundenen Draht schließt, so kann man das Anwachsen des Stromes durch eine Curve darstellen, deren Abscissen der Zeit, deren Ordinaten der jedesmaligen Stromstärke in jedem Zeitmomente entsprechen. Wäre gar keine Induction vorhanden, so würde die magnetisirende Kraft des Stromes ausgedrückt seyn durch das Rechteck, dessen Grundlinie die Zeit  $t$ , während welcher der Strom geschlossen bleibt, dessen Höhe die constant bleibende Stromstärke darstellt. Der im Schließungsmomente eintretende Extracurrent, welcher dem Hauptstrom entgegengesetzt ist, bedingt aber den Gang der Curve so, daß sie sich asymptotisch der eigentlichen Stromstärke nähert, ohne sie je zu erreichen. Im Oeffnungsmomente nach der Zeit  $t$  soll nun eigentlich ein Extracurrent eintreten, welcher den der Schließung an Stärke gleich, aber dem Hauptstrome gleichgerichtet ist; dieser kommt aber nicht in Betracht, weil eben in diesem Momente die Leitung unterbrochen wird. Die Intensitätscurve fällt also senkrecht zur Abscissenaxe ab, und die, die magnetisirende

1) Pogg. Ann. LXXXIV, p. 181.\*

2) Bull. d. St. Pétr. XII, p. 46; \* Pogg. Ann. XCII, S. 128.\*

3) Pogg. Ann. LXXXVII, S. 514.\*



Kraft darstellende Fläche ist nunmehr eingeschlossen von der concaven Seite der Curve, der Abscissenaxe und der Ordinate für den Endpunkt von  $t$ . In unserem Falle muß also die anziehende Kraft des Elektromagnets um so größer seyn, je größer die Concavität der Curve, je kleiner also der Verlust ist, welcher durch das Flächenstück ausgedrückt wird, das zwischen der convexen Seite der Curve, der Senkrechten im Nullpunkt der Abscissen, und der durch den Endpunkt der Ordinate für  $t$  gelegten Parallelen zur Abscissenaxe liegt. Unter sonst gleichen Umständen ist aber die elektromotorische Kraft des Extracurrents der Schließung die gleiche, der ursprüngliche Strom mag durch ein oder durch sechs Elemente erregt seyn: im ersteren Falle ist aber der, demselben gebotene, Widerstand erheblich geringer als im letzteren, das zu subtrahirende Flächenstück ist also im ersteren Falle weit größer als im letzteren, und demnach ist der durch die einfache Kette erregte Elektromagnet kurze Zeit nach der Schließung wirklich schwächer als der durch die sechspaarige Säule erregte.

Um mich von dem Umfange dieser Einwirkung zu überzeugen, dabei aber von dem, immerhin sehr complicirten, Vorgange der Anziehung und Unterbrechung in einem selbstthätigen Hammer unabhängig zu bleiben, schaltete ich statt desselben ein durch ein Uhrwerk gedrehtes Zahnrad ein, an dessen Peripherie eine schleifende Feder in schneller Folge den Strom schloß und öffnete, und fügte außerdem eine kurze Spirale von drei Lagen 0,5 Millimeter dicken Kupferdraht in die Leitung. Der Widerstand der sechspaarigen Säule wurde wieder so abgemessen, daß, während das Rad stillstand, der Magnetspiegel der Bussole eben so stark abgelenkt wurde, wie durch den Strom der einfachen Kette. Jetzt wurde das Uhrwerk so in Bewegung gesetzt, daß der Strom 200 Mal in der Sekunde geschlossen und unterbrochen wurde. Durch den Commutator wurden dann abwechselnd das eine oder die sechs Elemente mit ihrem Widerstande eingeschaltet, und außer-

dem wurde in die Spirale bald ein weicher Eisenstab gelegt, bald wieder herausgenommen. Der Spiegel nahm unter den verschiedenen Umständen verschiedene Stellungen ein, oder vielmehr machte er kleine Schwankungen um einen der Theilstriche der Skala, welche durch das Fernrohr abgelesen wurde. Da die Versuche alle sehr ähnliche Resultate gaben, so führe ich nur folgendes Beispiel an:

	1 Element	6 Elemente
mit Eisenkern	2,5	5,8
ohne Eisenkern	6,2	7,5

Was hierbei zunächst die verschiedenen Ablenkungen betrifft, welche der Bussolspiegel bei Einschaltung von 1 bis 6 Elementen ohne Einführung des Eisenstabes zeigte, so darf man aus denselben noch nicht schliessen, daß schon der Unterschied in der Stärke des Stromes von erheblichem Einfluß sey, welcher von Windung zu Windung der Spirale ohne Beihülfe des Eisenmagnetismus inducirt wird. Die primäre Stromstärke erleidet vielmehr eine unmittelbare Veränderung. Wenn  $E$  die elektromotorische Kraft eines Elementes,  $R$  seinen wesentlichen Widerstand,  $r$  den Widerstand im übrigen Theile des Apparates bezeichnet, wenn nur eine Kette thätig ist,  $w$  denjenigen Widerstand, welcher noch den sechs Elementen geboten werden muß, so ist in der Ruhestellung des Rades die Bedingung:

$$\frac{E}{R+r} = \frac{6E}{6R+r+w}$$

genügt. Rotirt aber das Rad, so wird jedesmal im letzten Momente, ehe die Feder einen Zahn verläßt, die Berührung zwischen Feder und Zahn in einer sehr kleinen Kante oder Spitze stattfinden, und dadurch ein Widerstand  $x$  hinzugefügt. Von jetzt an muß also

$$\frac{E}{R+r+x} < \frac{6E}{6R+r+w+x}$$

seyn. Der Unterschied der Ablenkungen 6,2 und 7,5 beweist also noch Nichts für die Inductionerscheinungen. Wohl aber treten diese sehr auffallend hervor, wenn sich durch Einlage des Eisenstabes die Ablenkung 6,2 bis auf

2,5; dagegen 7,5 nur bis auf 5,8 erniedrigt. Die Schwächung der Stromstärke durch die in der Leitung mit kleinem Widerstand, d. h. die von einer Kette herkommende Leitung, inducirten Gegenströme, und folglich die Schwächung des in diesem Falle vorhandenen Magnetismus des Eisenkerns ist also beträchtlich größer als die entsprechende Schwächung in dem Falle, in welchem die sechs Elemente mit ihrer langen Leitung eingeschaltet sind. Mit der Geschwindigkeit der Stromunterbrechungen wächst auch der Einfluss der Inductionsströme. Unter sonst gleichen Umständen erhielt ich folgende Ablenkungen, während der Eisenstab in der Spirale steckte:

	1 Element	6 Elemente
170 Unterbrechungen	1,2	2,6
250       "       "	0,5	2,4
während ohne Eisenstab die entsprechenden Ablenkungen waren:	2,5	3,4
	2	3

Entsprechend zeigte sich dieser Einfluss, wenn die Stromwechsel wieder durch den selbstunterbrechenden Hammer hergestellt wurden. Die gleichzeitig eingeschaltete Bussole, deren Spiegel während der Sperrung der Hammervorrichtung durch ein oder sechs Elemente gleich stark abgelenkt war, zeigte während des Hammergeanges folgende Ablenkungen:

1 Element	Ton	<u>F</u>	<u>A—</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>
	Abl.	2,6	3,2	3,4	3,6	4,2
6 Elemente	Ton	<u>Fis—</u>	<u>B</u>	<u>D+</u>	<u>F—</u>	<u>G</u>
	Abl.	3,7	4,5	5,4	5,7	6,7

Wurde der Widerstand, welcher den sechs Elementen geboten werden musste, so gewählt, dass nicht die continuirlichen Ströme der einpaarigen und der sechspaarigen Batterie, sondern die Ströme, welche beide bei 200 Unterbrechungen mit Einlage des Eisenstabes in die Spirale gaben, gleich waren, nämlich gleich 3,8, so bewirkte das

Herausziehen des Stabes ein Hinaufgehen der Ablenkung bis auf 8,1 bei einem Element, dagegen nur bis auf 4,1 bei sechs Elementen.

Dafs alle diese Erscheinungen wesentlich der Induction zuzuschreiben sind, welche das Entstehen des Magnetismus im Eisenkerne bedingt, und sehr wenig der unmittelbaren Wirkung von Drahtwindung zu Drahtwindung, zeigt die, schon von Hrn. Hipp beobachtete Erscheinung, welche ich bestätigt fand, dafs es so gut wie gleichgültig ist, ob der Widerstand, der den sechs Elementen geboten wird, durch eine Spirale, oder einen gerade gespannten Draht dargestellt ist. Ich erhielt bei Einschaltung des Unterbrechungsrades und des Hammermagnets, während in allen Fällen die Stärke des continuirlichen Stromes die gleiche war, die Ablenkungen

von einem Element	2,2
von sechs Elementen mit Spiralwiderstand	2,65
„ „ „ „ gespanntem Draht	2,7.

Betrachten wir jetzt genauer den Vorgang während einer einzelnen Ankeranziehung. In Fig. 6, Taf. V sind die Zeiten, vom Momente der Stromschliessung an gerechnet, wieder als Abscissen aufgetragen. Wenn keine Induction vorhanden wäre, so würde der Strom sogleich seine ganze Stärke  $AB$  erreichen, und in der Zeit  $t = AC$  eine magnetische Wirkung haben, welche durch das Rechteck  $ABCD$  gemessen wird. Ist dagegen eine Inductionswirkung vorhanden, so ist die magnetisirende Kraft des Stromes gemessen durch die Figur zwischen der Abscissenaxe  $AC$ , der Ordinate  $DC$  und der oben besprochenen Inductioncurve. Diese Curve beginnt um so flacher, je stärker der Extracurrent der Schliessung ist; sie mag z. B. die Gestalt  $AEF$  haben, wenn die Magnetisirung durch ein Element geschah, also dem Gegenstrom wenig Widerstand geboten ist, dagegen die Gestalt  $AGD$ , wenn  $n$ -Elemente wirksam waren, also der Inductionsstrom vielen Widerstand zu erleiden hat. In jedem Momente ist der magnetische Zustand des Eisenkerns dargestellt durch die be-

treffende Ordinate. Es ist z. B. nach der Zeit  $AK$  für ein Element  $= KE$ , für  $n$ -Elemente  $= KG$ . Wenn nun eine Spannfeder der magnetischen Anziehung entgegenwirkt, so kann sich der Anker nicht eher in Bewegung setzen, als bis der Magnetismus des Eisenkerns die Spannkraft der Feder überwiegt. Halte diese der magnetisirenden Kraft  $AN$  das Gleichgewicht, und sey der Strom durch  $n$ -Elemente erregt, so ruht der Anker während der Zeit  $AP$ . Dann beginnt eine Bewegung, welche dem Flächenstück entspricht, der durch die Curve  $DGO$ , die Ordinate  $OP$ , die Abscissenaxe und noch eine Ordinate eingeschlossen ist, welche letztere, etwa  $DC$ , durch die Entfernung des Ankers vom Magnet bestimmt ist. Ist dagegen der Strom durch ein Element erregt, so ruht der Anker, bis die magnetisirende Kraft die Gröfse  $KE = AN$  erreicht hat, also während der Zeit  $AK$ ; dann beginnt die Bewegung entsprechend dem Flächenstück zwischen der Curve  $LFE$ , der Ordinate  $EK$ , der Abscissenaxe, und noch einer Ordinate, etwa  $RQ$ . Die Zeit, welche vom Momente der Stromschliessung bis zu dem der Ankeranziehung verflossen ist, ist also gröfser bei Anwendung eines Elementes, als bei der von  $n$ -Elementen; im ersteren Falle nämlich gleich  $AC$ , im letzteren gleich  $AQ$ . Wird die Feder stärker gespannt, etwa so, dafs sie der magnetischen Kraft  $AM$  das Gleichgewicht hält, so ruht der Anker bei Anwendung der  $n$ -paarigen Säule bis zur Zeit  $K$ , bei der einpaarigen bis  $C$ , er gelangt deshalb im letzteren Falle, etwa bei  $LS$ , viel später zur Anziehung, als im ersteren, etwa bei  $RQ$ , und man sieht unmittelbar aus der graphischen Darstellung, dafs dieser Zeitunterschied  $QS$  um so gröfser seyn mufs, je gröfser die Spannkraft der Feder (gleich  $AM$ ) ist. Wenn die Spannfeder nahezu dem vollen Magnetismus des Eisenkerns das Gleichgewicht hält, so dafs also  $AM$  fast gleich  $AB$  ist, so können die Flächenstücke zwischen den Geraden  $BL$ , und einerseits der Ordinate  $TG$  und der Curve  $DG$ , andererseits der Linie  $DF$  und der Curve  $FL$  gleichgesetzt werden, und der Abstand  $QS$  wird gleich  $KC$ .

Wenn also Hr. Hipp bei seinen Versuchen mit einem Element die Anziehungszeit gleich 58, mit 12 Elementen gleich 36 tausendtel Sekunden fand, so muß der durch ein Element hervorgerufene Inductionsstrom noch 22 tausendtel Sekunden später, als der durch 12 Elementen erregte dem Magnetismus die Gröfse  $KG$  zukommen liefs, von so merklicher Wirksamkeit seyn, dafs erst nach dieser Zeit der Magnet die Stärke  $FC = KG$  erreicht.

Um mich über die Möglichkeit dieser Thatsache zu unterrichten, suchte ich mir ein genaueres Bild jener Inductionscurven zu verschaffen; das dazu angewandte Verfahren war folgendes: Nach dem Vorschlag, den Hr. Prof. Poggendorff <sup>1)</sup> für das Studium geschlossener Elektromagnete gemacht hat, wurden auf die beiden 3 Zoll langen Schenkel eines hufeisenförmigen Elektromagnets zwei möglichst gleiche, von einander gesonderte Spiralen aus dickem Kupferdraht geschoben. Durch eine derselben wurde der Strom einer Batterie geschlossen, und dann der Strom gemessen, welcher durch den entstehenden Magnetismus in der anderen Spirale inducirt wurde, und zwar fand diese Messung in verschiedenen Zeiten nach der Stromschliessung statt. Zu dem Ende wird auf die Axe einer Rotationsmaschine ein aus zwei gesonderten Elfenbeinstücken  $AB$  und  $BC$  (Fig. 7, Taf. V) bestehender Cylinder befestigt; der Cylinder  $BC$  sitzt auf der Axe fest,  $AB$  läfst sich leicht gegen  $BC$  drehen, wenn er nicht durch die Schraube  $D$  daran festgezogen wird. Die Drehung wird durch eine Kreistheilung am unteren Rande von  $AB$ , und eine Marke am oberen von  $BC$  gemessen. In den oberen Rand von  $AB$  und den unteren von  $BC$  ist je ein Messingring eingelassen; von jedem derselben ragt noch ein Fortsatz in die freigebiebene Elfenbeinfläche hinein, dessen Breite  $10^\circ$  der Cylinderfläche einnimmt. Ausserdem sitzt noch ein gezahntes Rad  $R$  auf der Axe fest. Auf der Cylinderfläche schleifen vier Federn, deren zwei,  $a$  und  $b$ , mit den Enden der primären Leitung, welche die eine Spirale und

1) Pogg. Ann. LXXXV. 147. \*

die Batterie einschließt, die anderen zwei, *c* und *d*, mit den Enden der secundären Leitung, welche die andere Spirale und die Spiegelbussole *S* einschließt, verbunden sind.

Die erstere Leitung hat noch eine Unterbrechungsstelle bei *F*, welche durch Niederdrücken eines in Quecksilber tauchenden Tasters geschlossen werden kann. Um zuerst den Inductionsstrom unmittelbar bei der Schließung zu messen, werden die beiden Cylinderstücke so gestellt, daß *b* und *c* gleichzeitig die Anfänge der in das Elfenbein gelassenen schmalen Messingsstücke berühren. Dann wird der Apparat in Rotation gesetzt, bis eine, gegen die Zähne des Rades *R* schleifende Feder *e* beständig einen, durch eine Stimmgabel immer wiederzufindenden Ton giebt. Dann wird die Bussole beobachtet und *F* herabgedrückt. Sobald die Feder *b* zum ersten Male nach der Schließung von *F* über die Metalleinlage geht, wird der Hauptstrom geschlossen. Er würde aber sogleich wieder geöffnet werden, und dadurch einen umgekehrten Inductionsstrom erzeugen. Deshalb befindet sich unter dem einen Pole des vertical befestigten Magnets ein kleiner Eisenanker, welcher sich um eine Axe leicht drehen kann, und die beiden, mit einander verbundenen Drähte *f* und *g* trägt, deren jeder in ein mit Quecksilber gefülltes Näpfchen tauchen kann. Der Draht *f* bleibt ein für alle Mal eingetaucht und hält durch sein Anliegen an der Wand des Näpfchens den Anker in der gezeichneten Stellung sehr nahe unter dem Magnetpol; *g* dagegen taucht nur dann in das Quecksilber, wenn der Strom geschlossen ist, und der Magnet den Anker angezogen hat. Von dem zu *f* gehörenden Näpfchen geht eine Leitung zu dem nach *a*, von dem zu *g* gehörigen eine andere zu dem nach *b* führenden Draht. Sobald nun *b* die Metalleinlage zum ersten Mal nach der Schließung bei *F* berührt, wird der Anker, dessen Gewicht durch das der Drähte *f* und *g* beinahe aufgehoben ist, plötzlich angezogen, und der Strom zwischen diesen Drähten geschlossen. Der Magnet bleibt also Magnet, auch



wenn  $b$  die Einlage verlassen hat, und zwar ist seine Stärke so gut wie unverändert geblieben, wenn nur der Widerstand der zum Rotationsapparat führenden Leitungen nicht beträchtlich ist gegen den Gesamtwiderstand. Durch diese Vorrichtung ist also das Entstehen jedes zweiten Inductionsstromes vermieden, der Spiegel geht auf 0 zurück, und bleibt dort ruhig stehen, auch wenn die Drehung des Apparates fortgesetzt wird. In den vorläufigen Versuchen, welche ich für die vorliegenden Untersuchungen als ausreichend betrachtete, liefs ich die Axe in der Sekunde vier Umgänge machen. Der Inductionsstrom bleibt also immer, da die Einlage eine Breite von  $10^\circ$  hatte, während 0,0069 Sekunden geschlossen, und zwar während der ersten 0,0069 Sekunden nach Schliessung des Hauptstromes, wenn beide Metalleinlagen gerade über einander stehen, während der zweiten 0,0069 Sekunden, wenn das obere Cylinderstück um  $10^\circ$  gedreht ist u. s. w. Auf diese Weise werden die einzelnen Theile der Curven in ähnlicher Art bekannt, wie Hr. Lenz <sup>1)</sup> die Inductionscurven für magnetoelektrische Maschinen aufsuchte. In die secundäre Leitung wurde bald kein weiterer Widerstand, bald der von einer Viertelstunde oder mehren Viertelstunden schweizerischen Telegraphendrahts eingeschaltet. Die an der Bussole abgelesenen Ablenkungen waren folgende.

Drehung	nach	Widerstand in Viertelstunden				
		0	1	2	3	10
0°	0 Sek.	32,5	8,1	5	2,2	0,6
5	0,0035	8,2	2,2	1,2	0,8	0,3
10	0,0069	4,0	0,8	0,7	0,6	0,2
20	0,0139	1,5	0,6	0,4	0,3	0,15
30	0,0208	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1
50	0,0347	0,4				0,04
80	0,0555	0,3				0,03
120	0,0833	0,2				0,01
340	0,2360	0,05				0

In dieser Tabelle finden die oben entwickelten Ansichten ihre volle Bestätigung. Die Steilheit der Inductions-

1) a. a. O.



curven bei ihrem Anfange nimmt sehr schnell zu, wenn dem Inductionsstrome mehr Widerstand gegeben wird. Wenn die beiden in Fig. 6, Taf. V gezeichneten Curven den Widerständen 0 und  $\frac{1}{4}$  Stunde entsprechen, (welcher Widerstand ungefähr der war, den ich bei den oben beschriebenen Versuchen den sechs Elementen bieten mußte) so würde, wenn die Abscisse  $AK$  die Zeit 0,0069 Sekunden darstellt, das Flächenstück  $BAET = 32,5$ ,  $BAGT$  aber vergleichsweise nur  $= 8,1$  seyn. Stellt  $KU$  wieder die gleiche Zeit dar, so ist weiter  $TEWH = 4,0$ , aber  $TGVH = 0,8$  u. s. f. Werden die beliebig gewählten Abscissen sehr klein genommen, so daß die zwischen je zwei Ordinaten liegenden Trapeze recht schmal werden, so können diese Zahlenwerthe gleich für die Ordinatengrößen selbst gelten; dann sieht man aus der Tabelle, daß die obere Curve den Werth 8,1 ungefähr 0,0035 Sekunden, den Werth 0,8 dagegen ungefähr 0,015 Sekunden früher erreicht, als die untere. Die Curve für den Widerstand 10 Viertelstunden erreicht den Werth 0,3 um 0,052 Sekunden früher, als die für den Widerstand 0. Vermag die Spannfeder einer magnetischen Anziehung, welche der Zahl 8,1 entspricht, das Gleichgewicht zu halten, so erfolgt die Ankeranziehung bei einem Widerstand  $= 0$  (immer nach Abrechnung der Umwindungen des Magnets) etwa 0,0035 Sekunden früher, als bei dem von einer Viertelstunde Draht. Ist die Feder aber so gespannt, daß sie nur dem der Zahl 0,8 entsprechenden Magnetismus das Gleichgewicht hält, so beträgt der Anziehungsunterschied 0,015 Sekunden. Bei noch größeren Widerständen, welche durch vielpaarige Säulen nothwendig werden, ist dieser Unterschied viel beträchtlicher.

Es fragt sich nun noch, was für magnetische Kräfte sind es, absolut genommen, welche hier in Rede stehen? Um diese Frage zu beantworten, mußte der Hauptstrom selbst gemessen werden, wenn er 0,0069 Sekunden lang geschlossen wurde. Hierdurch wird das Stück  $AEK$  bestimmt, wenn den Windungen kein weiterer Widerstand

hinzugefügt wird. Die Windungen der Spiegelbussole mußten weiter vom Spiegel entfernt werden; durch Vergleichung der in den verschiedenen Stellungen stattfindenden Wirkungen fand sich diese Stromstärke, d. h. die volle Stromstärke minus dem gleich anfangs eintretenden Inductionsstrom  $= 467,7$  das ganze Stromelement also ungefähr  $= 500$ . Wäre die Anziehungskraft des Magnets, welche dieser ganzen Stromstärke entspricht  $= 2$  Kilogramm, so ist die der Stromstärke  $0,8$  entsprechende immer noch  $= 3,2$  Grm. Der Anziehung  $2000 - 3,2 = 1996,8$  Grm. mußte also die Spannfeder das Gleichgewicht halten, um die Anziehung in dem so eben besprochenen Falle um  $0,015$  Sekunden zu verzögern.

Die hier angeführten Zahlen können natürlich nur den Werth von Beispielen haben, beweisen aber hinreichend, wie bedeutende Zeitunterschiede in der Ankeranziehung bei Anwendung gleich starker Ströme verschiedener Quellen sich durch die dabei auftretenden Inductionsströme erklären lassen.

Hr. Hipp hat seiner oben angeführten Mittheilung die Bemerkung hinzugefügt, daß die Nichtübereinstimmung mehrerer mit seinem Chronoskop ausgeführter Messungen ihren Grund in der Nichtbeachtung des besprochenen Unterschiedes haben dürfte. Ebenso hat Hr. Koosen<sup>1)</sup> schon früher bemerkt, daß man bei Anwendung elektromagnetischer Chronoskope immer auf Schwierigkeiten stößt, welche in der Induction ihren Grund haben. Wer einmal ein solches Instrument besitzt, und weiter beutzen will, dem ist der Rath zu ertheilen, seiner Batterie einen möglichst großen Widerstand, und dafür eine so große elektromotorische Kraft zu geben, daß der Magnet seine nöthige Stärke erreicht. Am besten aber hat Hr. Hipp selbst alle aus der Induction hervorgehenden Schwierigkeiten bei seinem Chronographen vermieden, indem er zur Bezeichnung des Anfanges, wie des Endes des kleinen, zu messenden,

1) a. a. O.

Zeitraumes nur die Losreißung des Ankers vom Magnete benutzte <sup>1)</sup>).

Bern, im November 1857.

### V. *Vom Einfluß der Temperatur auf die Erscheinungen im Haarröhrchen; von C. Wolf.*

(Schluß der in Bd. 101, S. 576 abgebrochenen Abhandlung.)

Sind diese Verifikationen einmal gemacht, so bringt man das untere Ende des Stifts in vollkommenen Contact mit der Flüssigkeit. Diese Gewißheit des Contacts ist beim Wasser und bei anderen das Metall benässenden Flüssigkeiten schwieriger zu erlangen als beim Quecksilber. Ich habe oft versucht, das Ende des Stifts einzufetten, aber umsonst; immer haftete diese Flüssigkeit am Metall und in sehr unregelmäßiger Weise. Für das Quecksilber hat man zu diesem Behufe vorgeschlagen, die Flüssigkeit und den Metallstift nebst einem sehr empfindlichen Galvanometer in eine elektrische Kette einzuschalten, so daß, wenn der Stift mit der Flüssigkeit in Berührung kommt, ein Strom entsteht und der Beginn der Ablenkung der Nadel den Moment der Herstellung des Contactes anzeigt. Um die Genauigkeit dieses Vorschlages beim Wasser zu prüfen, bediente ich mich als Contactspitze der Spitze eines Sphärometers, das leicht 0,001 Millimeter angiebt; immer fand ich aber das Verfahren wenig empfindlich, indem sich die Nadel erst lange nach erfolgtem Contact in Bewegung setzte. Diese Unempfindlichkeit entspringt aus mehreren Ursachen, zunächst aus der Masse der Nadel, die der Wirkung des

1) Die Beschreibung dieses Apparates, von dessen bequemer und sicherer Anwendbarkeit mich zu überzeugen ich vielfach Gelegenheit hatte, ist noch nicht veröffentlicht. Derselbe war aber auf der diesjährigen schweizerischen Industrieausstellung bereits ausgestellt.

Stroms erst einige Zeit nachdem sie angefangen hat sich fühlbar zu machen gehorcht, dann vor allem aus der Nicht-Leitungsfähigkeit des reinen Wassers, die nur dann eine hinlängliche Intensität des Stromes zulässt, wenn die Berührungsfläche eine gewisse Gröfse hat. Versucht man diesem Uebelstand durch Anwendung einer intensiveren Elektrizitätsquelle abzuhelpen, so erlaubt die Zersetzung des Wassers nicht mehr constante Resultate zu erhalten. Ich bin daher zum einfachsten Verfahren zurückgekehrt, und habe gesehen, dafs, wenn man dem Sphärometer eine konische, am Ende kaum abgestumpfte und recht trockne Spitze giebt, man die Berührung bis nahe auf 0,001 Millimeter bringen kann. Die Nothwendigkeit, das Ende der berührenden Spitze jedesmal mit einem Pinsel zu reinigen, macht die Anwendung einer Schraube sehr unbequem. Ich habe es vorgezogen, diesen Stift mittelst eines sehr sanften Getriebes zu bewegen, und habe mich überzeugt, dafs unter diesen Bedingungen die Berührung nicht um 0,01 Millimeter schwankt, eine Genauigkeitsgränze, die mir mein Kathetometer anzugeben vermochte.

Um diese äufserste Genauigkeitsgränze zu erreichen, mußte ich noch einige Vorsichtsmaafsregeln befolgen. Mit welcher Sorgfalt der Mechanikus auch das Kathetometer verfertigt haben mag, so ist es doch fast unmöglich, dafs die Axe des Fernrohrs in allen Azimuthen eine genau horizontale Lage behalte; es ist daher wichtig, das Fernrohr bei den Beobachtungen nur einen sehr kleinen Winkel beschreiben zu lassen; diese Bedingung wird bei meinem Apparat erfüllt. Ueberdiess erleidet das Fernrohr, wenn man den dasselbe tragenden Schlitten mit der Hand bewegt, in seiner Lage immer kleine Störungen, welche man vor jeder Beobachtung berichtigen muß, dadurch dafs man die Blase des Niveaus in ihre centrale Lage bringt. Allein diese Störungen werden fast unmerklich, meistens Null, wenn man dem Schlitten die lothrechte Bewegung mittelst einer Stellschraube ertheilt. Ich habe daher bei allen meinen Beobachtungen als berührenden Stift eine Metallstange

angewandt, die an Höhe fast der zu messenden Capillarsäule gleich war. Dadurch konnte man dem Fernrohr die nöthige Bewegung, um aus der ersten Lage in die zweite zu kommen, mittelst der Stellschraube geben und die Horizontalität des Niveaus fand sich bewahrt. Die Länge des Berührungsstiftes ward übrigens fast jeden Tag vor jeder Beobachtungsreihe gemessen, und niemals stiegen, Dank den angezeigten Vorsichtsmafsregeln, die Schwankungen bei der Messung auf mehr als ein Hundertel-Millimeter.

Die Verdampfung des Wassers endlich war fast vollständig vernichtet durch Glasplatten, welche das Gefäfs bedeckten und nur ein Loch zur Durchlassung des Berührungsstiftes besaßen. An jedem Tage wurde das Wasser in der Röhre und in dem Gefäfs erneut. Immer arbeitete ich mit luftfreiem Wasser <sup>1)</sup>).

Der soeben beschriebene Apparat hat mir zunächst zu Beobachtungen in gewöhnlichen Temperaturen gedient, so dafs ich im Laufe eines Jahres eine sehr vollständige Reihe von Höhen, entsprechend Temperaturen von  $0^{\circ}$  bis  $25^{\circ}$  C., erhalten konnte. Alle diese Beobachtungen wurden zu 18 Gruppen vereint, von denen jede die zu einem gleichen Intervall von  $1^{\circ}$  gehörigen Höhen umfasste; ich berechnete die mittlere Temperatur und die mittlere Höhe jeder dieser Gruppen. Diese Mittel sind in den ersten beiden Columnen der folgenden Tafel enthalten. Ich habe übrigens an den direct erhaltenen Zahlen niemals die übliche Berichtigung von einem Drittel-Radius angebracht, aus dem Grunde, weil diese Berichtigung sich auf die als falsch bekannten Theorien von Jurin und Clairault stützt, und weil in den richtigen Theorien die Gesetze direct für die Ordinate des tiefsten Punktes des Meniscus gelten.

- 1) Um ein von Luft möglichst vollkommen befreites Wasser zu erhalten, kochte ich diese Flüssigkeit in einem grossen Ballon, versehen mit einem zwei Mal gekrümmten Rohr, welches in einem zweiten, kleineren Ballon tauchte, der ebenfalls siedendes Wasser enthielt. Wenn die Dampfblasen sich nur stoßweise entwickelten, nahm ich den Ofen fort; das siedende Wasser des kleineren Ballons füllte dann den größeren vollständig, und man ließ den Apparat ruhig stehend erkalten.

Durchmesser der Röhre . . 0<sup>mm</sup>,2346.

Temperat- uren	Höhen		Unter- schiede	Berechnete Höhen	Unter- schiede
	beobachtet	berechnet			
0	mm	0		mm	
0,35	132,15	132,17	+ 0,020	132,17	+ 0,020
1,268	131,97	131,94	— 0,030	131,93	— 0,040
2,62	131,569	131,583	+ 0,014	131,57	+ 0,001
3,61	131,34	131,33	— 0,010	131,31	— 0,030
4,32	131,145	131,140	— 0,005	131,13	— 0,015
5,587	130,82	130,81	— 0,010	130,80	— 0,020
7,50	130,28	130,31	+ 0,030	130,30	+ 0,020
8,35	130,10	130,09	— 0,010	130,07	— 0,030
13,76	128,68	128,68	0,000	128,70	+ 0,020
14,335	128,547	128,556	+ 0,009	128,56	+ 0,013
15,49	128,273	128,273	0,000	128,27	— 0,003
16,896	127,93	127,917	— 0,003	127,93	0,000
17,43	127,84	127,80	— 0,040	127,80	— 0,040
18,40	127,61	127,56	— 0,050	127,56	— 0,050
20,26	127,03	127,10	+ 0,070	127,10	+ 0,070
21,475	126,80	126,85	+ 0,050	126,80	0,000
24,417	126,09	126,13	+ 0,040	126,09	0,000
25,446	125,84	125,83	— 0,010	125,84	0,000

Construirt man die Curve, welche die Temperaturen zu Abscissen, und die entsprechenden Höhen zu Ordinaten hat, so sieht man sogleich, daß sie wesentlich von der geraden Linie abweicht, indem die Ordinaten von 0° bis 8° rascher abnehmen als bei höheren Temperaturen. Allein in diesen beiden Intervallen kann man jedes Stück der Curve als eine gerade Linie betrachten. Ich habe dies benutzt, um das empirische Gesetz der Erscheinung zu bestimmen.

Zuvörderst berechnete ich für jedes dieser beiden Intervalle die Coëfficienten einer Gleichung von der Form  $y = ax + b$ , und ließ bei der Bestimmung von  $a$  und  $b$  alle Beobachtungen auf eine sehr einfache Weise mitwirken. Die Zahlen in der dritten Columnne der vorstehenden Tafel zeigen zwischen den Resultaten der Erfahrung und denen der Rechnung einen vollen Einklang. Von 0° bis 8° gebrauchte ich die Formel:

$$y = 132,265736 - 0,260553x,$$

und von 13° bis 25° die:

$$y = 132,0785 - 0,245699x.$$

Diese ersten Formeln dienten mir zur Berechnung der den Graden 0, 5 und 15 entsprechenden Höhen, und mittelst dieser bestimmte ich die Coëfficienten einer parabolischen Formel:  $y = a + bx + cx^2$ .

Dadurch gelangte ich zu der Gleichung:

$$y = 132,265736 - 0,2660448x + 0,00054918x^2,$$

welche alle Beobachtungen von 0° bis 25° auf eine hinreichend genaue Weise wiedergiebt. Die Zahlen der vierten Columnne sind aus dieser Formel abgeleitet und, wie man sieht, sind die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung bald positiv, bald negativ, und überschreiten nur ein einziges Mal 0<sup>mm</sup>,05.

Die Resultate stimmen mit denen des Hrn. Brunner überein, bis auf den Unterschied, daß die raschere Höhen-Abnahme, welche dieser Physiker unterhalb 4° beobachtet hat, sich noch darüber fortzusetzen scheint. Das Dichtigkeitsmaximum hat also Einfluß auf die Erscheinung; allein andere Ursachen, die im umgekehrten Sinne wirken, treten dazwischen, so daß er kaum wahrnehmbar wird. Wenn meine Beobachtungen richtig sind, so folgt noch, daß die Erklärung, welche Hr. Brunner von dem raschen Anwuchs der Capillarrhöhe unterhalb 4° gegeben hat, nicht hinlänglich ist, weil dieser Anwuchs schon oberhalb dieser Temperatur stattfindet und detsungeachtet die Dichte der Flüssigkeit noch nicht abnimmt.

Oberhalb 10° stellt sich die Uebereinstimmung meiner Resultate mit denen des Hrn. Brunner wieder her. Denn wenn man die von ihm gegebene Formel:

$$h = 15,33215 - 0,0286396t$$

vergleicht mit der, deren ich mich von 13° bis 25° bedient habe, so findet man das Verhältniß der numerischen Coëfficienten in Brunner's Gleichung = 535,383, und in der meinigen = 537,56. Sucht man nach den von mir angeführten Versuchen die Capillarrhöhe bei 0° in einer Röhre von 1 Millimeter Radius, so findet man 15<sup>mm</sup>,5331, statt der von Hrn. Brunner erhaltenen 15<sup>mm</sup>,33215. Aber diese Uebereinstimmung findet keineswegs mit den von Simon

gegebenen Höhen statt; denn hier ist das Product der Capillarrhöhe in den Durchmesser der Röhre 31,029, während die Simon'sche Tafel für diesen Durchmesser das viel stärkere Product 32,375 giebt. Die von diesem Physiker erhaltenen Höhen der Wassersäulen scheinen also zu groß zu seyn, wie das schon von Mehren bemerkt worden ist.

Es wäre interessant, die Versuche unterhalb  $0^{\circ}$  fortzusetzen, und dies würde, glaube ich, leicht gelingen, da das Wasser nur schwer in Capillarröhren gefriert, wenn man den Wasserstrom durch einen Strom kalten Alkohols ersetzt. Allein ich muß bemerken, daß in niederen Temperaturen die Schleimigkeit des Wassers schon sehr merklich ist, und daß die Versuche viel schwieriger, folglich weniger genau sind als bei höheren Temperaturen. Diese Schleimigkeit würde hinreichen, die Verschiedenheit zwischen Hrn. Brunner's und den meinigen zu erklären. Aus diesem Grunde, habe ich nicht gesucht, unterhalb  $0^{\circ}$  Höhen zu messen, da ich doch keine hinlänglich genaue Resultate zu erhalten hoffen konnte.

Derselbe Apparat war auch für höhere Temperaturen als die gewöhnlichen brauchbar, wenn man die Hülle des Gefäßes und die Hülle einen, bis zu einer constanten Temperatur erhitzten, Wasserstrom durchstreichen ließ. Um diesen Wasserstrom zu erhalten, schaltete ich zwischen den Behälter und den Apparat einen Glasballon ein, in welchen das Wasser durch eine bis zum Boden hinabreichende Röhre eintrat, während es durch eine andere Röhre, die nicht die Unterseite des Propfens überragte, wieder ausfloß. Dieser Ballon wurde durch eine Alkohollampe mit doppeltem Luftzug erhitzt. Da das Wasser sehr rasch floß, so stieg die Temperatur des Gefäßes und der Hülle und erreichte bald einen constanten Werth, der jedoch von einem Versuch zum andern, je nach der Temperatur des Wassers im Behälter und nach der Intensität der Wärmequelle verschieden war. Freilich war die Temperatur der Hülle gewöhnlich etwas verschieden von der des Wassers in dem unteren Gefäß; allein dieser Unterschied stieg niemals über 1 bis 2 Grad,



und, wie ich gezeigt habe, ist der Einfluss eines solchen Unterschiedes ganz unmerklich. Man hätte auch fürchten können, daß die Temperatur nicht gleich sey in den verschiedenen Schichten der Hülse; allein ich habe mich durch mehr oder weniger tiefes Versenken des Thermometers oft überzeugt, daß die Verschiedenheit nicht wahrnehmbar ist. Ueberdies habe ich bei jeder Temperatur eine doppelte Beobachtung gemacht, indem das Wasser erstlich aus dem Gefäß in die Hülse, und dann umgekehrt aus der Hülse in die Hülle des Gefäßes floss; in beiden Fällen erhielt ich immer dieselben Höhen.

Diese Versuche machte ich mit einer anderen Röhre als vorhin, von anderem Glase und von anderem Durchmesser ( $0^{\text{mm}},3098$ ), und sie bedurfte keiner Waschung, da sie neu war. Leider konnten sie nur zu einer Zeit unternommen werden, da die Temperatur der Umgebung über  $4^{\circ}$  war; sie können also nicht dazu dienen, das Gesetz in der Nähe des Maximums der Wasserdichtigkeit zu bestätigen. Die erhaltenen Resultate lassen sich durch die lineare Gleichung

$$y = 101^{\text{mm}},80346 - 0,184966x$$

sehr gut darstellen, wie aus folgender Tafel hervorgeht:

Temperatur	Höhe		Unterschied	Temperatur	Höhe		Unterschied
	beob.	berechn.			beob.	berechn.	
$^{\circ}$	mm	mm		$^{\circ}$	mm	mm	
5,73	100,729	100,744	+ 0,015	24,59	97,220	97,250	+ 0,030
6,588	100,586	100,585	- 0,001	25,255	97,265	97,130	- 0,135
7,505	100,395	100,415	+ 0,020	26,582	96,950	96,890	- 0,060
8,57	100,224	100,218	- 0,006	27,26	96,740	96,760	+ 0,020
9,545	99,985	100,038	+ 0,043	28,66	95,440	96,500	+ 0,060
10,601	99,816	99,843	+ 0,027	32,39	95,875	95,810	- 0,065
11,625	99,510	99,650	+ 0,140	34,24	95,490	95,470	- 0,020
12,51	99,495	99,490	- 0,005	36,43	95,055	95,060	+ 0,005
13,685	99,180	99,270	+ 0,090	39,376	94,540	94,520	- 0,020
15,45	98,945	98,945	0,000	45,264	93,430	93,430	0,000
16,45	98,790	98,760	- 0,030	51,486	92,275	92,280	+ 0,005
17,42	98,566	98,580	+ 0,014	54,456	91,755	91,730	- 0,025
18,61	98,327	98,360	+ 0,033	58,75	90,891	90,930	+ 0,039
19,326	98,229	98,229	0,000	61,83	90,350	90,360	+ 0,010
20,38	97,964	98,034	+ 0,070	65,00	89,685	89,780	+ 0,095
21,426	97,830	97,748	- 0,082	82,27	86,085	86,470	+ 0,385
22,558	97,607	97,630	+ 0,023				

Einige, durch künstliche Erkaltung des Wassers in der Hülse, unterhalb  $4^{\circ}$  gemachte Beobachtungen zeigten eine raschere Zunahme der Höhe an als oberhalb dieser Temperatur; die erhaltenen Werthe gaben nämlich  $102^{\text{mm}},058$  Höhe bei  $0^{\circ}$  statt  $101^{\text{mm}},803$ . Allein man kann ihnen, wegen der Schwierigkeit der Beobachtungen, nicht viel Vertrauen schenken, da die Glasplatten sich beständig mit Thau beschlugen.

Vergleicht man diese Resultate mit denen des Hrn. Brunner und mit den von mir bei der ersten Röhre erhaltenen, so erblickt man eine merkwürdige Verschiedenheit, obwohl das allgemeine Gesetz der Erscheinung noch dasselbe bleibt. Während nämlich das Verhältniß der Coëfficienten in den zwei ersten Formeln, die ich anführte, 535 oder 537 ist, erreicht es hier den Werth 550,3, so daß das Verhältniß zwischen den in jeder dieser Röhren gehobenen Säulen mit der Temperatur variirt. Ueberdies würde die Höhe bei  $0^{\circ}$  in der Röhre von 1 Millimeter Radius hier  $15^{\text{mm}},77$  oder  $15^{\text{mm}},81$  seyn, je nachdem man  $101^{\text{mm}},80$  oder  $102^{\text{mm}},058$  als Höhe in der Röhre von  $0^{\text{mm}},3098$  Durchmesser annimmt, ein Werth viel größer als die, welche wir schon gefunden haben. Indefs erreicht dieß Resultat noch lange nicht das von Simon, denn das Product des Durchmessers in die Höhe ist 31,538 oder 31,617, während es nach Simon etwas größer als 32,13 seyn würde.

Die Prüfung der vorstehenden Tafel zeigt auch, daß bei Temperaturen über  $60^{\circ}$  die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung sehr zunehmen. Allein dieses entspringt daraus, daß die Beobachtung nicht recht genaue Resultate geben kann. Zu der Schwierigkeit nämlich, während der Dauer des Versuchs eine constante Temperatur zu erhalten, gesellt sich noch eine andere, aus der Verdampfung der Flüssigkeit im Gefäße entspringende, welche Verdampfung, obwohl durch den Glasdeckel des Gefäßes verzögert, doch noch rasch genug ist, um den Meniscus während der Beobachtung um ein Merkliches zu senken.

Daher kann dann die in der Tafel angegebene Höhe nicht den vollkommenen Gleichgewichtszustand der Capillarsäule vorstellen. Wie die Beobachter vor mir diese Unsicherheitsquelle vermieden haben und bis zum Siedpunkt des Wassers beobachten konnten, ist mir nicht recht begreiflich, da sie nicht angeben, welche Vorsichtsmafsregeln sie etwa getroffen haben.

Die von mir mit Wasser gemachten Versuche können also als Bestätigungen der Resultate des Hrn. Brunner, so wie als Widerlegung der Behauptungen von Simon angesehen werden. Allein, wie ich schon bemerklich machte, ist das Wasser nicht die geeignetste Flüssigkeit, um den Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung darzuthun, und dessen Ursache aufzufinden. Bei niederen, dem Dichtigkeitsmaximum nahen Temperaturen zeigt nämlich das Wasser schon eine merkliche Schleimigkeit, und die Theorie setzt eine vollkommene Flüssigkeit voraus, einen Zustand, dem sich Schwefeläther und Alkohol mehr nähern. Zweitens kann das directe Verfahren, welches beim Wasser eben wegen seiner Schleimigkeit, vermöge welcher es seinen normalen Gleichgewichtsstand in der Capillarröhre erst nach mehrmaligem Heben und Senken der Säule annimmt, alleinig anwendbar ist, nicht bei höheren Temperaturen benutzt werden. Und dennoch sind es gerade diese höheren Temperaturen, bei denen man eine Bestätigung oder Widerlegung der Hypothesen der mathematischen Theorie zu erwarten hat, da man sich dann bei allen Flüssigkeiten unter weit besser mit dieser Theorie in Uebereinstimmung stehenden Umständen befindet.

Wen es nämlich wahr ist, dafs die Steighöhe einer Flüssigkeit in einer Capillarröhre bei jeder Temperatur proportional ist der Dichtigkeit der Flüssigkeit, so kann, da diese Dichtigkeit niemals Null wird, auch die Höhe niemals auf Null herabsinken, selbst bei der Temperatur, bei welcher die Flüssigkeit sich, den Versuchen des Hrn. Cagniard-Latour gemäß, vollständig in Dampf verwandelt. Im Gegentheil, wenn die von verschiedenen Experimenta-

toren gewonnenen Resultate richtig sind, wenn die Abnahme der Höhe proportional ist der Temperatur, so leuchtet ein, daß die Capillarröhe bei einer hinreichend hohen Temperatur Null werden, und oberhalb dieser Temperatur das Aufsteigen sehr wahrscheinlich in ein Vertiefen übergehen wird.

Diese Temperatur läßt sich nun aus den empirischen Formeln, die ich oben angegeben habe, leicht ableiten. Die des Hrn. Brunner giebt für Wasser  $535^{\circ},38$  C., die meinigen für die erste Röhre  $537^{\circ},56$  C., für die zweite  $550^{\circ},3$  C. Es war also nicht das Wasser, von dem ich die Bestätigung meiner Induction erwarten durfte, sondern andere, flüchtigere Flüssigkeiten, wie Schwefeläther, Schwefelkohlenstoff u. s. w. Die von Hrn. Brunner für Schwefeläther gegebene Formel

$$h = 5^{\text{mm}},3536 - 0,028012t$$

giebt eine Höhe  $= 0$  bei der Temperatur  $191^{\circ},12$ , welche sich leicht erreichen läßt und unterhalb der vollständigen Verdampfung dieser Flüssigkeit liegt. Allein ich wollte zuvörderst das Gesetz der Höhen-Abnahme bei höheren Temperaturen als die des siedenden Aethers, bei welcher Hr. Brunner stehen blieb, prüfen.

In einer an einem Ende verschlossenen Glasröhre von 24 Millimeter Durchmesser und hinreichender Wanddicke hing ich mittelst eines gegen die Wandung federnden Kupferinges und drei sehr dünner Metalldrähte eine Capillarröhre genau in der Axe auf. Dann zog ich die weite Röhre vor der Lampe aus, brachte durch Digestion und Destillation über Chlornatrium rectificirten Schwefeläther hinein, vertrieb die Luft durchs Sieden dieser Flüssigkeit und schmolz das offene Ende zu. Der Aether bildete dann auf dem Boden der weiten Röhre eine etwa 3 Centimeter hohe Schicht, in welche die Capillarröhre eintauchte.

Um diese Röhre in verschiedene Temperaturen zu versetzen, befestigte ich sie in der Mitte eines kubischen Gefäßes von Kupfer, welches 8 Liter faßte und an zwei gegenüberstehenden Seiten mit Glasplatten versehen war. Ein

Thermometer neben der Röhre zeigte die Temperatur des das Gefäß füllenden Wassers an, und diese Temperatur wurde durch eine Alkohollampe mit mehreren Dochten gesteigert und durch einen Umrührer gleichförmig gemacht. Der ganze Apparat ruhte auf einem Brett, versehen mit drei Stellschrauben, mittelst deren man die vordere Glasplatte genau lothrecht zur Axe des Fernrohrs des Kathetometers stellte. Ich versicherte mich auch durch das schon angezeigte Verfahren, daß die Glasröhre keine Ablenkung der Lichtstrahlen hervorbrachte.

Jede Versuchsreihe begann mit einer Beobachtung bei gewöhnlicher Temperatur; diese variierte wenig im Laufe meiner Versuche und die Uebereinstimmung der sonach in jeder Reihe erhaltenen ersten Zahlen diente zum Nachweise, daß der Zustand der Röhre sich nicht geändert hatte. Hierauf steigerte man die Temperatur bis zu dem beabsichtigten Grad und es war leicht, dieselbe fast eine Viertelstunde constant zu halten. Eine schon von Hrn. Frankenheim hervorgehobene Schwierigkeit bei diesem Verfahren liegt in der Temperaturverschiedenheit der Capillarröhre und der Flüssigkeit, in welche sie eintaucht. Letztere erwärmt sich nämlich direct durch den Contact mit dem Wasser des großen Gefäßes, während der hervorragende Theil der Röhre sich nur durch Strahlung erwärmt. Allein der Moment, wo die constante Temperatur des Bades auch die der Röhre geworden ist, wird hier durch die Röhre selbst angezeigt. So lange nämlich ein Temperatur-Unterschied zwischen Röhre und Flüssigkeit besteht, verdichten sich die Aetherdämpfe in dieser Röhre und bilden darin, oberhalb der Capillarsäule, Blasen, die unaufhörlich herunter sinken und sich oben unaufhörlich wieder bilden. So wie die Bildung dieser Blasen aufhört, kann man die Temperatur als gleichförmig betrachten. Ueberdies habe ich, um zur constanten Beobachtungstemperatur zu gelangen, immer die Vorsicht getroffen, das Gefäß erst zu erwärmen und dann erkalten zu lassen, und mich der Identität der Resultate in beiden Fällen zu versichern.

Die bei diesem Verfahren gemessenen Höhen erfordern eine Berichtigung, weil in dem ringförmigen Raum zwischen den beiden Röhren die Flüssigkeit durch Capillarwirkung aufsteigt. Die Niveaudifferenz muß der, nach der Temperatur verschiedenen Steighöhe der Flüssigkeit hinzugefügt werden. Ich habe den Werth dieser Berichtigung direct bestimmt; dazu würde es genügen mitten in einem großen, mit Aether gefüllten Gefäß einen Ring, gebildet von einem Stück der zum Versuche angewandten Röhre, aufzustellen, darin die Capillarröhre anzubringen, und nun, mit den schon angegebenen Vorsichtsmafsregeln, die Niveaudifferenz zwischen der Flüssigkeit innerhalb und außerhalb des Ringes mit dem Sphärometer zu messen. Allein die Verdampfung der Flüssigkeit ist so rasch, dafs ich die Methode der abwechselnden Beobachtung anwenden mußte; ich mafs also erst das Niveau in der Röhre, dann im Gefäß und dann wieder in der Röhre, nach einer Zeit, die der Zwischenzeit der beiden ersten Beobachtungen gleich war. So erhielt ich bei 20° als Mittel von Resultaten, die kaum um 0,001 Millimeter unter sich abwichen, 0<sup>mm</sup>,104. Diese Berichtigung variirt mit der Temperatur. Zur Bestimmung dieser Variation bediente ich mich der Resultate des Hrn. Brunner, woraus sich ergibt, dafs die Steighöhe bei 191° Null ist, was ich übrigens direct bestätigt habe, wie ich sogleich angeben werde. Daraus folgt, dafs die Abnahme der Berichtigung 0,000608 für jeden Grad ist, dafs sie 0<sup>mm</sup>,116 bei 0° und 0<sup>mm</sup>,055 bei 100° wird. Nach dieser Berichtigung erhielt ich folgende Tafel:

Temperatur	Höhen		Unterschiede	Temperatur	Höhen		Unterschiede
	beob.	berechn.			beob.	berechn.	
12,67	36,140	35,86	− 0,180	46,82	29,879	29,90	+ 0,021
14,79	35,437	35,48	+ 0,043	56,42	28,233	28,18	− 0,053
15,77	35,247	35,31	+ 0,063	69,94	25,784	25,81	+ 0,026
18,07	34,794	34,91	+ 0,116	76,81	24,673	24,51	− 0,163
20,03	34,504	34,56	+ 0,056	85,01	23,145	23,16	+ 0,015
24,74	33,591	33,74	+ 0,149	87,80	22,483	22,67	+ 0,187
27,97	33,129	33,17	+ 0,041	92,71	22,015	21,82	− 0,185
33,14	32,316	32,27	− 0,046	93,46	21,760	21,69	− 0,071
31,78	32,145	31,98	− 0,165	99,19	20,748	20,56	− 0,188

Die Zahlen der dritten und siebenten Columnne sind berechnet nach der linearen Formel

$$y = 38^{\text{mm}},0819 - 0,175436x,$$

welche die Resultate der Erfahrung ziemlich genau darstellt. Man kann hier offenbar nicht dieselbe Genauigkeit verlangen, wie bei der directen Methode, vor Allem wegen der Schwierigkeit, das Niveau der Flüssigkeit in der weiten Röhre zu bestimmen. Dessenungeachtet kann man daraus die Folgerung ziehen, daß die Abnahme der Capillarböhe, welche Hr. Brunner bis  $35^{\circ}$  proportional der Temperatur gefunden hat, noch bis  $100^{\circ}$  demselben Gesetze folgt.

Aber daraus hinaus wird die Abnahme rascher. Das Gesetz derselben habe ich, wegen der Schwierigkeit, die Temperatur während dieses Versuches constant zu halten, nicht bestimmen können. Ein einziges, aber sehr wichtiges Resultat führt mich zu diesen Schlufs. Aus der obigen Formel ergiebt sich, daß die Höhe der Flüssigkeit in der Capillarröhre Null wird bei  $217^{\circ}$ , wenn das Gesetz sich bis zu dieser Temperatur erstreckt. Die Röhre, mit welcher die obigen Versuche angestellt wurden, war nicht stark genug, um ohne Gefahr bis zu dieser Temperatur angewandt zu werden, bei welcher der innere Druck sehr groß seyn mußte.

Demgemäß schloß ich die Capillarröhre dieser Versuche in eine Röhre von 1 Centimeter innerem Durchmesser und sehr großer Wanddicke ein, füllte letztere bis fast zu einem Viertel ihres Raumgehaltes mit Aether, und schmolz sie vor der Lampe zu, nachdem die Luft ausgetrieben worden war. Diese Röhre wurde lothrecht in eine umgekehrte Glocke voll Leinöls gestellt und daneben eine zweite ähnliche aber offene Röhre angebracht, in welche ein Thermometer tauchte. Ein doppelter Agitator diente zur Herstellung der Gleichförmigkeit der Temperatur.

In dem Maafse, als die Temperatur stieg, sah man die Flüssigkeitssäule in der Capillarröhre rasch sinken, und endlich gegen  $190^{\circ}$  oder  $191^{\circ}$  vollständig verschwinden. Und zu gleicher Zeit wurde die bis dahin concave Flüssig-



keit in der weiten Röhre, immer flacher und endlich, bei dieser Temperatur selbst, ganz flach. Erhitzt man weiter, so kann man den capillaren Meniscus unter dem Niveau der äusseren Flüssigkeit wahrnehmen; gegen  $198^{\circ}$  scheint sich die stark convexe Oberfläche der Flüssigkeit mit einer dicken Wolke zu bekleiden und bietet nur einen schlecht begränzten Umriss dar. Gegen  $200^{\circ}$  endlich ist die Flüssigkeit vollkommen in Dampf verwandelt, wie schon Hr. Cagniard-Latour beobachtet hat. Lässt man hierauf die Temperatur langsam sinken, so kommt die Flüssigkeit plötzlich wieder zum Vorschein, und die früheren Erscheinungen treten in umgekehrter Ordnung von Neuem auf.

Die Erfahrung beweist also, dass in dem von mir angewandten Haarröhrchen die Flüssigkeit bei einer Temperatur zu steigen aufhört, die weit unter derjenigen liegt, welche die aus Versuchen zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$  abgeleitete Formel ergiebt, die dagegen genau derjenigen gleich ist, welche ich aus der von Hrn. Brunner gegebenen Formel gefolgert habe. Darf man daraus schliessen, dass meine Beobachtungen mit Unrichtigkeiten behaftet seyen? Ich glaube nicht, denn man muss erwägen, dass die Versuche des Hrn. Brunner zwischen sehr engen Temperaturgränzen, zwischen  $0^{\circ}$  und  $35^{\circ}$  angestellt sind, und dass es kaum möglich ist, daraus zu folgern, was bei einer von diesen Gränzen so entfernten Temperatur vorgehe, so dass dieses Zusammentreffen als ganz zufällig betrachtet werden muss. Wenn man zweitens die von mir bei der gewöhnlichen Temperatur angestellten Beobachtungen als richtig ansieht und aus denselben die Capillarrhöhe bei  $100^{\circ}$  abzuleiten sucht, unter der Bedingung, dass die Abnahme proportional sey der Temperatur und dass die gehobene Säule bei  $191^{\circ}$  auf Null komme; so findet man die Steighöhe bei  $100^{\circ} = 18^{\text{mm}},44$ , statt  $20^{\text{mm}},54$ , ein viel zu grosser Unterschied, als dass man ihn den Beobachtungsfehlern zuschreiben könnte.

Allein, ich muss sagen, ich lege viel weniger Gewicht auf die Bestimmung des Werthes dieser Gränztemperatur als auf den Nachweis der Thatsache selbst, da sie allein



mir einen entscheidenden Einwand gegen die mathematische Theorie zu liefern scheint. Seitdem ich diesen ersten Versuch mit Schwefeläther angestellt hatte, wollte ich ihn mit mehreren anderen Flüssigkeiten, Schwefelkohlenstoff, Naphtha, Alkohol wiederholen. Ich schloß diese Flüssigkeiten in Röhren von 2 Millimeter innerem Durchmesser ein, in solcher Menge, daß sie dieselben fast zum Viertel füllten. Ich erhitze diese Röhren in einer kleinen umgekehrten und mit Oel gefüllten Eprouvete, und immer sah ich, daß, in dem Maasse die Temperatur stieg, der Meniscus stets weniger concav und die Oberfläche zuletzt eben wurde, und darauf bei einer, der gänzlichen Verflüchtigung der Flüssigkeit nahe liegenden Temperatur ins Convexe übergieng. Selbst wenn man die Röhre horizontal legt, sieht man die Flüssigkeit sich in ihrer ganzen Länge horizontal ausbreiten und eine Schicht bilden, die von einer vollkommen ebenen Oberfläche begränzt ist. Ich habe nicht die Temperaturen bestimmen können, bei denen diese Erscheinung für die letzteren Flüssigkeiten eintritt, da ich zur Bestimmung sehr hoher Temperaturen keine Thermometer besaß; allein, sie liegen wie gesagt, denjenigen nahe, bei welchen nach Hrn. Cagniard-Latour die vollständige Verflüchtigung eintritt<sup>1)</sup>, 200° beim Schwefeläther, 259° beim Alkohol, 275° beim Schwefelkohlenstoff, und eine Temperatur zwischen 200 und 259 bei der Naphtha. Ueberdies habe ich die von demselben Physiker gemachte Beobachtung bestätigt gesehen, daß die Temperatur der vollständigen Verflüchtigung einer Flüssigkeit unabhängig zu seyn scheint von dem Verhältniß zwischen ihrem Volum und dem des freien Raums, in welchem sie sich ausbreiten kann.

Aus den so eben beschriebenen Versuchen glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

1. Das Gesetz der Abnahme der Höhe, bis zu welcher eine Flüssigkeit in einer selben Röhre bei verschiedenen Temperaturen aufsteigt, ist viel rascher als es die Theorie von Laplace und Poisson angiebt.

1) *Ann. chim. et phys. Ser. II, T. XXI, p. 181 et T. XXII, p. 414.*

2. Das Gesetz der Abnahme scheint bei Röhren von verschiedener Temperatur nicht dasselbe zu seyn, so daß das Verhältniß der Höhen, zu welchen sich eine selbe Flüssigkeit in verschiedenen Röhren erhebt, mit der Temperatur variirt.

3. Die Dichtigkeit der Flüssigkeit scheint nur einen secundären Einfluß auf die Erscheinung auszuüben; denn erstens kann die Steighöhe abnehmen, wenn die Dichtigkeit zunimmt, und umgekehrt; und zweitens, was in meinen Augen das Wichtigste ist; diese Höhe kann Null werden, das Aufsteigen kann sogar in ein Hinabdrücken übergehen, wenn die Flüssigkeit noch eine merkliche Dichtigkeit hat.

Während diese Erscheinung den entscheidendsten Beweis gegen die Theorie liefert, führt sie uns aber auch noch zu einer sehr einfachen Erklärung eines Widerspruchs zwischen Theorie und Erfahrung, den die Physiker wohl dargethan, aber bisher nicht aufgeklärt haben. Um den Gegenstand deutlich zu machen, muß ich zu den Hypothesen zurückgehen, auf denen die Theorie beruht.

Alle Physiker machen mit Laplace, Gaufs und Poisson die Annahme, daß, wenn eine Flüssigkeit in einer Röhre aufsteigt, deren Wandung sie benäßt, sie längs dieser Wandung eine äußerst dünne Schicht bilde, eine Art flüssiger Röhre, in welcher dann die Capillarsäule sich erhebt. Daraus dann der unmittelbare Schluß: die Form des Meniscus, welcher die Flüssigkeit begränzt, hängt allein ab von dem Winkel, den das letzte Element der Oberfläche mit der Wand bildet, und da dieser Winkel Null ist, wenn Flüssigkeit und Wand von gleicher Natur sind, so müssen die Gestalt der Oberfläche und der Krümmungsradius derselben am untersten Punkt in cylindrischen Röhren von hinreichender Enge bei jeder Temperatur constant bleiben und die freie Oberfläche muß hemisphärisch seyn.

Diese Constanz des Krümmungsradius des Meniscus voraussetzend und überdies annehmend, daß die Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst proportional sey ihrer

Dichtigkeit, gelangen Laplace und Poisson zu dem Schluss, dass die Capillarröhe proportional sey der Dichtigkeit der Flüssigkeit.

Zunächst muß ich bemerken, dass die Hypothese von der Proportionalität der Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst zu ihrer Dichtigkeit sehr zweifelhaft ist. Sehr wahrscheinlich ist die Wechselwirkung der flüssigen Elemente verschieden nicht allein nach ihrer Dichtigkeit, sondern nach ihrer Temperatur. *A priori* ist also auch das Gesetz von der Proportionalität der Capillarröhe zu der Dichtigkeit ein sehr zweifelhaftes.

Ueberdies habe ich aber so eben gezeigt, dass die Krümmung der Oberfläche des Meniscus mit der Temperatur variirt, dass sie desto schwächer wird, je höher die Temperatur ist. Die Folgerung der Constanz dieser Krümmung kann also nicht mit den Thatfachen übereinstimmen.

Lässt man alle Hypothesen bei Seite, so stimmen die Theorien darin überein zu zeigen, dass das Steigen einer Flüssigkeit sich umgekehrt verhalte wie der Krümmungsradius der freien Fläche an ihrem tiefsten Punkt, diese als eine Umdrehungsfläche vorausgesetzt. Selbst wenn man die Voraussetzungen von Laplace und Poisson zugeben will, muß man eine Berichtigung daran anbringen. Die Höhe wird variiren im Verhältniß zur Variation zweier Elemente, der Dichtigkeit und des Krümmungsradius des Meniscus.

Nennen wir mit Laplace  $q$  die Höhe bei  $0^\circ$ ,  $q'$  die Höhe bei einer anderen Temperatur, bei welcher die Dichtigkeit der Flüssigkeit, bezogen auf die bei  $0^\circ$ , gleich  $1 - \alpha$  ist, so hätten wir, falls der Krümmungsradius nicht variirte

$$q' = q(1 - \alpha).$$

Wenn aber der Krümmungsradius  $\rho$  bei  $0^\circ$  wird  $\rho'$  bei der zweiten Temperatur, so wird man haben:

$$q' = q(1 - \alpha) \frac{\rho}{\rho'},$$

und da  $\rho'$  mit der Temperatur wächst, so sieht man, daß die Capillarrhöhe rascher abnehmen muß als die Dichtigkeit.

Diese Veränderung der Krümmung des Meniscus wollte ich noch bei Temperaturen unterhalb denen, wobei, wie in den oben beschriebenen Versuchen, die Gestaltveränderung sichtbar wird, direct untersuchen. In den sehr engen Röhren, mit denen ich operirt hatte, ist die Messung des Meniscuspeils sehr schwierig, so daß sie nicht den nöthigen Grad von Schärfe haben kann. Ich gebrauchte daher eine Röhre von 4<sup>mm</sup>,50 innerem Durchmesser, welche, nachdem sie mit Salpetersäure und verdünnter Schwefelsäure gewaschen worden, zum Theil mit einer Flüssigkeit gefüllt und vor der Lampe verschlossen wurde. Ich befestigte sie lothrecht in einem kubischen Gefäß von Kupfer, das mit zwei gegenüberliegenden kleinen Fenstern von parallelen Plangläsern versehen, mit Wasser gefüllt und durch eine matte opake Platte fast ganz zugedeckt war. Es war nämlich, um die obere und untere Gränze des Meniscus deutlich zu sehen, nothwendig, die Röhre durch ein fast paralleles Licht zu beleuchten und die seitlichen Strahlen auszuschließen. Dann maß ich mit dem Kathetometer den Pfeil des Meniscus, erst bei gewöhnlicher Temperatur und dann bei der Siedhitze des Wassers. Folgendes waren die von mir erhaltenen Resultate als successives Wasser, gewöhnlicher Aether und Schwefelsäure bis zur selben Höhe in dieselbe Röhre eingeführt wurden.

	Wasser	Aether	Schwefelsäure
18°	1 <sup>mm</sup> ,955	1 <sup>mm</sup> ,80	1 <sup>mm</sup> ,80
Siedpunkt des Wassers	1,87	1,60	1,73.

Diese Veränderung in der Höhe des Meniscus beobachtet man schon bei einer Temperatur von einigen Graden über der gewöhnlichen; allein die Schwierigkeit, die Temperatur des Gefäßes constant zu halten, hat mir nicht erlaubt, genaue Messungen zu machen.

Ich komme nun zur zweiten Folgerung aus meinen Beobachtungen. Dem Beispiele Clairault's folgend, betrachteten die Mathematiker bei der Wirkung der Flüssig-

keit auf sich selbst und auf die Röhre immer vier Hauptfälle:

1. Wenn die Wirkung der Röhre auf die Flüssigkeit Null ist oder geringer als die Hälfte der Flüssigkeit auf sich selbst, so wird die Oberfläche der Flüssigkeit in der Röhre convex seyn und eine Depression statt haben.

2. Wird diese Wirkung gleich der Hälfte der der Flüssigkeit auf sich selbst, so ist die Oberfläche der Flüssigkeit in der Röhre eben, und es erfolgt weder Hebung noch Senkung des Niveaus.

3. Bis die Wirkung der Röhre auf die Flüssigkeit gleich geworden der der Flüssigkeit auf sich selbst, zeigt die Theorie, ist die Oberfläche concav und es findet ein Aufsteigen der Flüssigkeit in der Röhre statt.

4. Wenn endlich diese Anziehung die eigene Anziehung der Flüssigkeit überwiegt, erweist sich die Theorie mangelhaft, und es wird zur Erklärung dessen, was dann geschehen könnte, die Annahme nöthig, daß die Flüssigkeit bei ihrem Anhaften an der Röhre eine innere Röhre bilde, welche allein die Flüssigkeit hebt, deren Oberfläche nun concav und sphärisch ist. Es ist zu vermuthen, sagt Laplace, daß dieser Fall der des Wassers und der Oele in Glasröhren sey.

Ist diese Muthmaßung richtig, stimmt sie mit den That- sachen? Ich glaube nicht, wenigstens nicht bei etwas erhöhten Temperaturen; denn meine Beobachtungen führen zu dem Schluß, daß bei Flüssigkeiten wie Wasser, Alkohol, Schwefeläther und Naphtha, die in Glasröhren aufsteigen, die Anziehung der Röhre auf die Flüssigkeit, welche insgemein größer ist als die Hälfte der der Flüssigkeit auf sich selbst, nicht gleich ist dieser Wirkung, um so mehr also nicht größer als sie, wenigstens unter gewissen Temperaturumständen.

In der That habe ich gezeigt, daß bei einer hinlänglich erhöhten Temperatur, die übrigens von einer Flüssigkeit zur anderen und wahrscheinlich auch nach der Natur des Gefäßes verschieden ist, die Flüssigkeit aufhört dieses Ge-

fäfs zu benässen und darin eine vollkommen ebene Oberfläche bildet; eben so, dafs in diesem Moment die Wirkung der Röhre auf die Flüssigkeit genau gleich ist der Hälfte der der Flüssigkeit auf sich selbst. Bei einer höheren Temperatur nimmt die Wirkung der Röhre ab und die Flüssigkeit bildet eine convexe Oberfläche. Wenn aber die Temperatur sinkt, wird die Oberfläche concav, die Flüssigkeit steigt im Haarröhrchen und die Erfahrung zeigt noch, dafs die Krümmung des Meniskus zunimmt in dem Maafse, als die Flüssigkeit weiter erkaltet. Die Continuität der Erscheinungen zwingt also zu der Annahme, dafs in dem Moment, wo das Aufsteigen entsteht, die Anziehung der Röhre auf die Flüssigkeit geringer ist als die der Flüssigkeit auf sich selbst. Es scheint mir also bewiesen, dafs bei hinreichend erhöhten Temperaturen, deren untere Gränze ich jedoch noch nicht festsetzen konnte, die Flüssigkeit nicht mehr an der Wandung des Haarröhrchens haftet, um daran die allgemein angenommene Scheide zu bilden.

Ist aber diese Scheide bei den gewöhnlichen Temperaturen vorhanden, bei denen die früheren Versuche gemacht wurden? Ich wiederhole, meine Beobachtungen können diese Frage nicht beantworten. Indefs, wenn man erwägt, welche Gründe die Mathematiker nöthigen konnten, die Theorie durch die Hypothese vom Daseyn dieser Scheide zu compliciren, so sieht man, dafs es bis jetzt eben so viel Wahrscheinlichkeiten für als gegen sie giebt. Folgende Gründe sind hauptsächlich zu Gunsten derselben angeführt.

Der erste liegt in der schon längst gemachten Bemerkung, dafs man eine constante Erhebung in einem Haarröhrchen nur dann erhält, wenn man zuvor die Wandung durch Aufsaugen der Flüssigkeit benäfst hat. Allein diese Bedingung zum Erfolg läfst sich auch durch die Nothwendigkeit erklären, die immer der Wandung anhaftende Luft zu entfernen und den Contact zwischen Flüssigkeit und Röhre herzustellen.

Der zweite würde ernsthafter seyn, wenn er auf recht

sicheren Thatsachen beruhte. Es ist beobachtet, sagt man, daß eine Flüssigkeit in gleich weiten Röhren, wenn dieselbe sie benäset, immer zur selben Höhe aufsteigt, von welcher Natur auch die Röhre sey, so daß also, der Einfluß der Natur der Wandung Null oder unmerklich ist, was nur erklärt werden kann durch das Daseyn einer dieser Wandung anhaftenden Schicht, deren Dicke beträchtlicher ist als der Wirkungsradius der Röhrentheilchen. Allein, wo sind die Versuche, auf welchen dies Gesetz begründet ist? Gewöhnlich citirt man Hawksbee; allein seinen Versuchen kann man die von Musschenbroek entgegenstellen, durch welche dieser berühmte Experimentator einen merklichen Einfluß der Wandung erkannt zu haben glaubt. Man citirt die Versuche von Oersted <sup>1)</sup>, allein sie sind nach einem ähnlichen Verfahren wie das von Simon gemacht, und sie können, wie die Versuche des Letzteren, nicht angerufen werden zur Stütze einer auf ganz anderen Bedingungen errichteten Theorie. Sein Apparat bestand aus einer Art von umgekehrtem Heber, dessen einer Arm durch eine horizontale, mit einem Loche versehene Platte verschlossen war, und man bestimmte den Druck, der nöthig war, um die Flüssigkeit zu diesem Loche austreten zu lassen. Er fand, daß der Druck gleich war, das Wasser mochte durch gleiche Oeffnungen in Glas oder amalgamirtem Kupfer austreten, was so viel sagt, als daß das Wasser in Röhren von Glas und von amalgamirtem Kupfer gleich hoch steigen würde.

Und doch, wenn man, nach Verurtheilung dieser ungehörigen Methoden, untersucht, durch welche Mittel sich wohl der Nicht-Einfluß der Wandung erweisen ließe, sieht man sehr bald, daß man, weil die Röhren fast alle opak sind, unmöglich zur directen Methode greifen kann, angenommen im Fall die Röhren so weit wären, daß man die Erhebung der Flüssigkeit mit dem Sphärometer messen könnte; allein dann wäre die absolute GröÙe der Erhebung so gering, daß man einen strengen Beweis nicht erwarten

1) Pogg. Ann. 1841, Bd. LIII, S. 614.



könnte. Es ist übrigens sehr schwierig, zwei Röhren von genau gleichem Durchmesser zu haben. Dieser Uebelstand findet sich nicht bei der Anwendung zweier parallelen Platten, deren Abstand durch Metalldrähte und Druckschrauben geregelt werden kann. Nun hat Link viele Beobachtungen an parallelen Platten von verschiedener Natur gemacht<sup>1)</sup>. Bei einem Abstand der Platten gleich 0,4 par. Lin. bekam er folgende Resultate:

	Dichtig- keit.	Glas- platten.	Kupfer- platten.	Zink- platten.
Wasser, destillirtes	1,000	12,5	13,0	13,0
Alkohol, rectificirter	0,835	8,0	10,0	9,5
Schwefeläther	0,755	7,0	10,0	8,5
Schwefelsäure	1,845	11,0	11,0	15,0
Salpetersäure	1,200	14,0		
Chlorwasserstoffsäure	1,115	14,0	14,0	
Aetzkali	1,335	8,0	10,5	5,0
Essigsäures Kali	1,145	8,5	11,5	10,0.

Wenn auch für das Wasser die Höhe in den drei Fällen beinahe dieselbe ist, so sieht man doch, daß Alkohol und Aether, welche Flüssigkeiten die Platten weit leichter benässen, sich zwischen den verschiedenartigen Platten zu sehr ungleichen Höhen erheben und daß die Unterschiede bisweilen die möglichen Beobachtungsfehler übersteigen.

Ich will nicht reden von einer dritten Thatsache, welche die wichtigste wäre, welche aber noch der Bestätigung bedarf, nämlich, daß ein Tropfen Wasser, Aether oder Alkohol sich auf einer *vollkommen reinen*, ebenen und horizontalen Glasplatte nach ihrer ganzen Oberfläche ausbreitet. Die Bedingungen aber, unter welchen ein solcher Versuch angestellt seyn müßte, um keinem Einwand zu unterliegen, sind dermaßen schwierig zu erfüllen, daß er mir unausführbar scheint.

Wie dem auch sey, so scheint mir doch aus dem, was bei gewöhnlicher Temperatur vorgeht, sicher zu seyn, daß bei einer ziemlich hohen Temperatur das Daseyn einer

1) Pogg. Ann. 1834, Bd. XXXI, S. 593.



flüssigen Scheide in den Haarröhrchen verworfen werden muß.

Aus dieser Beobachtungsweise der Capillarphänomene ergeben sich mehre Folgerungen, die ich hier, als Schlusssätze dieser Arbeit, noch untersuchen will.

1. Das Aufsteigen einer selben Flüssigkeit in Haarröhrchen hängt, unter sonst gleichen Umständen, von der Natur des Röhrchens ab.

2. In einer und derselben Röhre und bei verschiedenen Temperaturen steht die Steighöhe der Flüssigkeit im zusammengesetzten Verhältniß ihrer Dichtigkeit und der Krümmung des Meniscus; letztere nimmt ab, so wie die Temperatur zunimmt, wird Null bei einer hinreichend hohen Temperatur und kommt jenseits derselben in umgekehrter Gestalt wieder zum Vorschein. Das Gesetz der Höhenabnahme muß nothwendig nach der Natur der Röhre verschieden seyn, und obwohl Röhren von verschiedenen Glassorten fast gleiche Wirkungen auf die Flüssigkeit ausüben, so hat man doch, von einer Röhre zur anderen, Abweichungen in dem Gange der Erscheinung zu erwarten. Zu dem Ende verweise ich auf die Verschiedenheit der Resultate, die ich erst mit einer gewöhnlichen Glasröhre und dann mit einer Krystallglas-Röhre beobachtete.

Das Gesetz der Veränderung der Depression mit der Temperatur bei Flüssigkeiten, die das Glas nicht benässen, knüpft sich dann an das Gesetz der Abnahme der Steighöhe und wird eine Folge daran. In der That habe ich gezeigt, daß bei einer bestimmten Temperatur eine Flüssigkeit aufhört das Gefäß zu benässen, worin sie sich befindet, und daß jenseits derselben die Flüssigkeit eine convexe Oberfläche annimmt und sich deprimirt. Die Continuität der Erscheinungen findet sich also auf eine sehr einfache Weise hergestellt. Es bedarf nur der Annahme, daß z. B. das Quecksilber, am Glase, schon bei niederen Temperaturen in demselben Zustand ist, welchen Aether, Alkohol und Schwefelkohlenstoff erst bei einer sehr hohen

Temperatur erreichen. Daher muß, wie Hr. Frankenheim beobachtet hat, die Depression mit der Temperatur zunehmen, nach einem Gesetze, das übrigens nach der Natur der Flüssigkeit und der Röhre verschieden ist. Es folgt auch daraus, daß diejenigen Flüssigkeiten, welche die Röhren nicht benässen, diese dennoch bei hinreichend niedriger Temperatur werden benässen können, und somit, durch Wirkung der Kälte, dieselbe Reihe von Erscheinungen darbieten, welche der Aether bei Wirkung der Wärme zeigt. Leider kenne ich keine Flüssigkeit, welche die Bedingungen erfüllt, das Glas nicht zu benässen und bei niedriger Temperatur nicht zu gefrieren, und vielmehr eine hinreichende Beweglichkeit bewahrte.

Zusammengefaßt, glaube ich mein Vorhaben ausgeführt und bewiesen zu haben:

1. Daß das von verschiedenen Beobachtern und besonders von Hrn. Brunner gefundene Gesetz für die Abnahme der Capillarrhöhe bei steigender Temperatur richtig ist, daß es aber unmöglich ist, dasselbe zu verallgemeinern und anzuwenden auf andere Röhren, als mit welchen die Versuche gemacht wurden.

2. Daß die Uebereinstimmung der mathematischen Theorie und der Erfahrung, die durch diese Resultate gestört zu seyn scheint, wiederum hergestellt wird, wenn man, wenigstens für etwas hohe Temperaturen, die Hypothese aufgiebt, daß der Wandung der Röhren eine flüssige Schicht anhafte, in welcher die Flüssigkeit sich erhebe.

3. Daß das Steigen und das Vertiefen einer Flüssigkeit in einer Röhre nur besondere Fälle eines selben allgemeinen Phänomens sind, welches in seinen Modificationen dem natürlichen Continuitätsgesetze unterliegt.

Ich spreche hier nicht von den Folgerungen, die sich aus einigen der von mir beobachteten Thatsachen, rücksichtlich der Erklärung der Phänomene des sphäroidalen Zustandes ableiten lassen. Vielleicht, daß man selbst diejenigen, die ich aus einer so kleinen Zahl von Beobachtungen zog, voreilig findet: die Dunkelheit, die noch die

Theorie der von mir studirten Erscheinungen einbüllt, und der Wunsch, einiges Licht auf sie zu werfen, mögen meine Dreistigkeit entschuldigen.

VI. *Ueber die Capillarität;*  
*von Hrn. W. Wertheim.*

(*Compt. rend. T. XLIV, p. 1022.*)

Die Theorie der Capillarität beruht auf der Hypothese, daß das Volum der Flüssigkeit, welche sich über das Niveau erhebt, proportional sey dem Umfang des Querschnitts der starren Wand, welche Krümmung auch der Umfang haben möge. Diese von Laplace aufgestellte Hypothese, welche mit der von Young zusammenfällt, dient als Ausgangspunkt für die Entwicklung aller besonderen Fälle und andererseits für die Erhebung zum Studium der Molecularkräfte. Sie kann daher nicht sorgfältig genug geprüft werden; leider hat sich die Integration der fundamentalen Differentialgleichung nur in einigen besonderen Fällen bewerkstelligen lassen können, und die experimentelle Prüfung ist daher zwischen sehr enge Gränzen eingeschlossen.

Um diese Prüfung auf eine allgemeine Weise vorzunehmen, verfuhr ich wie folgt. Ich begann die asymptotische Curve, die Generatrix der Oberfläche des durch eine Ebene gehobenen Meniscus zu beobachten, und, nachdem für sehr nahe an einander liegende Abscissen die entsprechenden Werthe der Ordinaten über dem Niveau gemessen worden, construirte ich diese Curve durch Punkte und bestimmte experimentell den Flächenraum und die Lage des Schwerpunkts der zwischen dieser Curve und den beiden Axen begriffenen Fläche. Dieselben Bestimmungen machte ich bei den Menisken, die durch eine große Anzahl convexer Cylinder von verschiedenem Durchmesser

gehoben worden waren, und berechnete mittelst des Guldin'schen Theorems, die Volume der durch die Umdrehung dieser Flächen um die Axen ihrer Cylinder erzeugten Körper. Auf gleiche Weise verzeichnete ich die kapillare Fläche der Flüssigkeit, welche zwischen zwei ebenen und in verschiedenen Abständen ( $2\alpha$ ) befindlichen Ebenen begriffen war; seyen  $h$  die Höhe des tiefsten Punktes dieser Curve über dem Niveau,  $b$  der Flächenraum des Querschnitts des halben Meniskus und  $l$  die Breite einer Ebene, so wird  $2l(h\alpha + b)$  das gehobene Volum der Flüssigkeit seyn.

Die Quotienten aller für eine selbe Flüssigkeit und bei derselben Temperatur gefundenen Volume, dividirt durch die entsprechenden Umfänge der starren Körper, müssen unter sich gleich seyn, wenn die Hypothese richtig ist, und sie müssen unterschiedslos die Capillarconstante  $\frac{a^2}{2} \sin \varphi$  liefern (wo  $\varphi$  das Complement des Winkels bezeichnet, den das letzte Element der Curve mit der Wand bildet).

Dieses Verfahren paßt nicht auf concave Cylinderflächen; man kann dabei nur die Erhebung  $h$  des tiefsten Punktes der Fläche beobachten. Dies habe ich für eine große Anzahl Röhren von sehr kleinem und sehr großem Durchmesser gethan; in diesen beiden Gränzfällen ergiebt sich die Constante aus dem einzigen Werthe von  $h$  mittelst der bekannten Formeln von Poisson.

Um endlich nicht ganz entblößt zu seyn von Daten über Röhren von mittlerer Weite, liefs ich mehrere aus Zink ziehen, und, nachdem sie inwendig mit Wachs überzogen worden, tauchte ich sie mit einem Ende in eine Schale voll geschmolzenen Waxes, welches in einer etwas höheren Temperatur als die der Schmelzung gehalten wurde. Es fand ein Aufsteigen statt und nach dem Erkalten hatte die innere Säule ihre anfängliche Höhe und der Meniskus seine anfängliche Gestalt sehr nahe behalten, so dafs, nachdem die Wand in verdünnter Schwefelsäure aufgelöst worden, ein Wachscylinder übrig blieb, der oben durch jenen

Meniskus und unten durch eine Ebene begrenzt war, deren Lage gegen das Niveau zuvor bestimmt worden war. Man maafs hierauf  $h$  und bestimmte den Werth von  $b$  an einem durch die Axe gehenden verticalen Durchschnitt. Die folgende Tafel enthält die Mittelwerthe aller von mir erhaltenen Resultate.

Volume (Cubikmillimeter) getragen von einem Millimeter Umfange bei  $10^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  (das Wachs ausgenommen).

	Destillirtes Wasser	Gesätt. Lö- sung von Ei- senchlorür	Olivenöl	Wachs	Alkohol	Schwe- feläther
Inn. Durch- messer mm	Enge Röhren					
0,15 bis 1,8	7,537	6,182	3,720	3,507	3,072	2,618
	Mittlere Röhren					
2,104				3,362		
5,246				3,146		
5,510				3,158		
6,244				3,221		
	Weite Röhren					
12 bis 30	<5,8, >5,6	<5, >3,7	3,7	3,366	3,1	
	Eine Ebene					
	5,148	3,264	3,457	3,470	3,169	
Abstand	Zwei parallele Ebenen					
9,740	5,187	3,329	3,779		3,254	2,673
7,930	5,196	3,340	3,623		3,277	2,672
5,344	5,179	3,532	3,952		3,178	2,649
3,940	5,272	3,345	3,833		2,979	2,542
2,640	5,142	3,432	3,899		3,088	2,505
1,332	5,088	3,361	3,927		3,133	2,692
0,882	5,133	3,597	3,807		3,185	2,703
0,394	5,197	3,554	3,776		3,170	2,622
0,236	5,192		3,821		3,272	2,732
Äuflerer Durchmess.	Convexe Cylinder					
34,25	5,071	2,915	3,397		3,021	
22,03	4,819	2,778	3,170	2,926	2,976	
14,92	4,727	2,615	2,778		2,764	
10,09	4,500	2,450	2,794	3,477	2,799	2,296
4,86	3,953	2,187	2,753	2,691	2,730	2,371
3,02	3,800	2,353	2,861	2,555	2,281	2,185
1,648	3,057	2,262	2,451	2,089	1,732	2,470
1,032	1,948	1,912	2,017	2,075	1,642	2,212
0,676	1,988	1,674	1,564	1,790	1,398	
0,332	1,464	0,784	1,218	2,289	0,774	

Aus den Zahlen dieser Tafel lassen sich nachstehende Schlüsse ziehen:

1. *Zwei parallele Ebenen* heben ein constantes Volum, wie auch ihr Abstand seyn möge, selbst wenn dieser unendlich groß ist.

Was das Wasser betrifft, so stimmt die Curve, die ich für eine einzige Ebene gefunden habe, sehr gut überein mit der, die Hr. Hagen beobachtet hat; eben so weichen die Werthe von  $h$  zwischen zwei Ebenen wenig ab von denen, die Simon (von Metz) gefunden, nur daß letzterer Physiker mit Unrecht ein Gesetz auf alle Abstände anwenden wollte, welches die Mathematiker niemals anders als angenähert richtig für sehr kleine Abstände aufgestellt haben.

2. Berechnet aus den mit *engen Röhren* angestellten Versuchen, ist die Constante bei gewissen Flüssigkeiten eben so groß, und bei anderen viel größer als die mittelst zweier Ebenen bestimmte Constante. Es ist Zufall daß beim Wasser das Verhältniß zwischen diesen beiden Werthen beinahe gleich  $\frac{1}{2}\pi$  ist, wie schon Simon bemerkt hat. Dasselbe Verhältniß ist beim Chlorür beinahe 2 und bei unseren übrigen Flüssigkeiten 1.

3. Die *weiten Röhren* geben einen Werth, der zwischen den vorhergehenden Werthen liegt, wenn diese verschieden sind, und der ihnen gleich ist, wenn sie zusammenfallen. Diefes findet beim Alkohol statt, und deshalb hat der einzige Prüfungs-Versuch, auf den sich Laplace und Poisson berufen, ein mit der Formel vollkommen übereinstimmendes Resultat gegeben. Dem aber wäre nicht also gewesen, hätte Gay-Lussac statt des Alkohols Wasser genommen; man begreift auch, weshalb Hr. Frankenheim den Versuch im Widerspruch mit der Formel fand, selbst wenn er sich Röhren von 14 Mllm. innerem Durchmesser bediente <sup>1)</sup>.

4. In dem Maasse wie die Radien der *convexen Cylinder* abnehmen, von der Ebene aus, bei der dieser Ra-

1) Pogg. Ann. Bd. LXXII, S. 191.

dies unendlich groß ist, nimmt das gehobene Volum fortwährend ab bei den beiden ersten Flüssigkeiten; bei den übrigen beginnt diese Abnahme bei einer gewissen Krümmungsgränze, wächst allmählich und, wie es scheint, ins Unendliche. Unter den von mir untersuchten Flüssigkeiten zeigt der Aether das constanteste Volum; leider sind nur die Versuche mit ihm weniger genau als die übrigen, trotz der Sorgfalt, die ich getroffen hatte, die Verdampfung während des Versuchs zu verringern. Und jedenfalls ist es nicht die Abwesenheit der Schleimigkeit, der man diese Constanz zuschreiben muß, denn vergleichende Versuche mit reinem Wasser und Gummiwasser haben mir gezeigt, daß die Schleimigkeit wohl den Moment des Eintritts des Gleichgewichts verzögert, aber keinen merklichen Einfluß auf den Endzustand ausübt.

Um diese Thatsachen zu erklären, könnte man versucht seyn, anzunehmen, daß der Contingenzwinkel mit der Krümmung der Wand variire, allein man kann beweisen, daß dem nicht so ist. Betrachten wir nämlich bloß die Menisken des Wassers und des Eisenchlorürs, gehoben von einer Ebene, für welche man schon hätte  $\varphi < 90^\circ$ . Der Flächenraum des Querschnitts wäre:

$$A = \frac{1}{4} a^2 \sin \varphi$$

und die größte Ordinate

$$H = a \sqrt{2} \sin \frac{1}{2} \varphi > a \sqrt{\sin \varphi}$$

während der Versuch beständig giebt

$$\sqrt{2} A > H.$$

Ich beweise auch, daß für  $\varphi = 90^\circ$ , die Coordinaten des Schwerpunkts sind:

$$x_1 = \frac{2}{3} H; \quad y_1 = \frac{2}{3} H - \frac{1}{3} \sqrt{2} \cdot H = 0,19525 H$$

in dem Maasse als  $\varphi$  abnimmt entfernt sich der Schwerpunkt von der Ordinatenaxe, während er in Wirklichkeit ihr näher liegt, als er nach dieser Formel liegen würde.

Man muß also eine andere Hypothese zu Hülfe ziehen und wie ich glaube, die veränderliche Dicke der dem starren Körper anhaftenden flüssigen Schicht oder Scheide in

Rechnung nehmen. Auf diese Hypothese kam ich durch eine Reihe von Versuchen, die ich über die Hebung einer Lösung von Eisenchlorür zwischen zwei an den Polen des Ruhmkorff'schen Elektromagnets befestigten parallelen Eisenplatten anstellte; die unteren Enden dieser Platten tauchten in die Lösung, für die man die Werthe von  $h$  und  $b$  bei verschiedenen Abständen  $2\alpha$  schon kannte. Nun liefs man durch den Apparat einen Strom gehen, den man langsam verstärkte und dessen Intensität man maafs; da sah man diese magnetische Flüssigkeit zwischen den beiden Ebenen sich bis zum Doppelten und Dreifachen ihrer ursprünglichen Höhe erheben und die Oberfläche die dieser neuen Höhe zukommende Krümmung annehmen; allein bei jeder Intensität der Magnetisirung blieb das gehobene Volumen beinahe constant, welchen Abstand auch die Platten haben mochten; mit einem Wort der Vorgang war so, wie wenn die Capillarconstante verdoppelt oder verdreifacht worden wäre. Wir wissen indess durch die Versuche der HH. Brunner und Mousson, dafs die Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst nicht durch die Magnetisirung dieser geändert wird, und andererseits beweist die Kleinheit der Gestaltveränderung, welche die Flüssigkeit erleidet, wenn die Polflächen nicht darin eintauchen, so wie die Thatsache der Unabhängigkeit der Zunahme des gehobenen Volums von dem Abstände der Platten, dafs es sich hier nicht um einen in die Ferne ausgeübten Effect magnetischer Anziehung handelt. Ich glaube also, dafs diese Thatsachen nur durch eine Zunahme der Dicke der anhaftenden Schicht erklärt werden können, eine Zunahme, die sich direct erweisen läfst.

Man begreift übrigens, dafs, da jede Temperaturveränderung diese Dicke verändern kann, der Einflufs der Temperatur sehr abweichen kann von dem, welchen die Theorie bei blofser Berücksichtigung der Ausdehnung der Flüssigkeit vorausgesehen hat.

---



VII. Ueber das capillare Aufsteigen des Wassers zwischen parallelen Platten; von Hrn. E. Desains.

(Compt. rend. T. XLV, p. 225.)

Die Physiker, welche sich in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts mit der Messung der damals erst eben entdeckten Capillar-Erscheinungen beschäftigten, erkannten schon, daß das Steigen des Wassers zwischen zwei parallelen Glasplatten ungefähr die Hälfte von dem Steigen derselben Flüssigkeit in einer cylindrischen Röhre ist, deren Durchmesser dem Abstand der Platten gleich kommt. Diefes Resultat ist in Newton's Optik angeführt. Laplace hat davon eine Erklärung gegeben, die durch ihre Einfachheit klassisch ist. Um die Theorie zu prüfen, wiederholte Gay-Lussac die Messungen mit größerer Sorgfalt und nach genaueren Verfahrungsarten als man vor ihm angewandte; sein Resultat ist in der *Mécanique céleste* und in Poisson's Theorie angeführt. Er empfiehlt die Platten wohl mit Wasser zu benässen. Er studirte auch andere Capillarphänomene mit Alkohol; allein was das Aufsteigen zwischen parallelen Platten betrifft, so operirte er mit Wasser und fand so, daß einer Höhe von  $13^{\text{mm}},574$  ein Abstand von  $1^{\text{mm}},069$  entsprach; die Rechnung würde  $1^{\text{mm}},088$  geben. Die Temperatur war  $16^{\circ}$ .

Lange nach Gay-Lussac läugnete Simon in Metz die von der Erfahrung und der Theorie gefundene Relation, und behauptete, daß das Steigen des Wassers zwischen zwei Platten nur etwa ein Drittel von dem Steigen in einer Röhre wäre, deren Durchmesser dem Abstände der Platten gleich kommt. Er glaubte sogar zu bemerken, daß das Verhältniß, statt genau gleich 3 zu seyn, die bekannte Zahl  $3,14\dots = \pi$  wäre.

Ueber diese sonach streitige Frage machte ich abermals mit vieler Sorgfalt Versuche, deren Resultat ich der Akademie in meiner Abhandlung vom 8. December 1856 vor-

legte <sup>1)</sup>. Ich fand 17<sup>mm</sup>,8 für das Steigen des Wassers zwischen Platten, deren Abstand 0<sup>mm</sup>,84 betrug. Diese Zahl steht in vollem Einklang mit der Arbeit von Gay-Lussac und der Theorie von Laplace.

In einer der Akademie vom 18. Mai 1857 überreichten Note, veröffentlichte Hr. Wertheim eine große Zahl von Versuchen, aus denen hervorgehen würde, daß die Laplace'sche Theorie vom Aufsteigen zwischen zwei Platten richtig ist, wenn es sich um Alkohol, Aether und Olivenöl handelt, daß sie aber bei Wasser und bei einer Lösung von Eisenchlorür nicht mehr stich hält; beim Wasser würden sie die Versuche von Simon bestätigen.

Ich beschloß nun meine Versuche zu wiederholen und, wo möglich, mit noch größerer Sorgfalt. Ich habe es gethan und habe die Ehre der Akademie zu melden, daß ich, wie zuvor, Resultate erhalten habe, die mit den Arbeiten von Gay-Lussac und der Theorie von Laplace ganz übereinstimmen.

So fand ich bei 19<sup>o</sup>,5 ein Steigen von 16<sup>mm</sup>,47 zwischen Platten, deren Abstand 0<sup>mm</sup>,88 betrug, und bei 25<sup>o</sup> ein Steigen von 19<sup>mm</sup>,17 zwischen Platten, deren Abstand 0<sup>mm</sup>,76 war.

Um diese Resultate mit der Theorie zu vergleichen, berechnete ich den Abstand  $d$  der Platten nach der Laplace'schen Formel:

$$a^2 \times \frac{1}{d} = h + d \times 0,107,$$

worin  $h$  die Steighöhe des Wassers und  $a^2$  eine Constante gleich 15,11 bei 8<sup>o</sup>,5, und gleich 15,11 (1 - 0,0018 [ $t$  - 8,5]) für eine Temperatur  $t$ .

Wenn

$$\left. \begin{array}{l} h = 16^{\text{mm}},47 \text{ und } t = 19^{\circ},5 \\ h = 19^{\text{mm}},17 \text{ und } t = 25^{\circ},0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{gibt die} \\ \text{Rechnung} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} d = 0^{\text{mm}},89 \\ d = 0^{\text{mm}},76. \end{array} \right.$$

Die Abweichung dieser Resultate von denen des Hrn. Wertheim entspringt ohne Zweifel aus der Art, die Plat-

1) Ein Auszug daraus findet sich in den Ann. Bd. C, S. 336.

ten zu benützen. Erlaube mir daher die Akademie, bei dem Detail meiner Operationen zu verweilen.

Die beiden Platten, welche ich anwandte, haben ungefähr 17 Centimeter Länge, 12 Centimeter Höhe und fast 4 Millimeter Dicke. Um sie zu reinigen, lasse ich sie 24 Stunden in Kalilösung liegen; dann wasche ich sie mit Wasser, mit Chlorwasserstoffsäure, lasse sie darin liegen, wasche abermals mit Wasser, mit Alkohol und mit Aether und abermals mit Wasser, worin sie wieder mehre Stunden verweilen. Dann lege ich die eine auf die andere, dabei an den Ecken vier kleine, mit dem Sphärometer gemessene Kupferdrähte zwischen sie schiebend. Die Dicken dieser Drähte betrug 0,890, 0,884, 0,894, 0,885, also im Mittel 0,888. Durch Zwingen mit Schrauben presse ich die Platten gegen einander, so sanft, daß sie nicht springen, aber doch so stark, daß sie in den Zwingen nicht gleiten. Um mich zu vergewissern, daß die Dicke der Drähte den Abstand der Platten richtig angäbe, brachte ich nach Beendigung der Versuche diese horizontal vor das Kathetometer, und maafs ihren Abstand an beiden Enden der Linie, wo die gehobene Flüssigkeit während der Beobachtung stehen blieb. Ich fand vier Zahlen die von 0,86 bis 0,89 gingen. Ich maafs auch den Abstand zwischen den Platten an beiden Enden einer Linie, die winkelrecht auf der ersten war und durch deren Mitte ging; ich fand vier andere Zahlen, die von 0,86 bis 0,90 gingen. Das Mittel dieser acht Werthe war 0,876. Diese Messungen zeigen, daß die Platten gut parallel waren. Was ihren Abstand betrifft, so nahm ich dafür 0,882 Millimeter, das Mittel aus den sphärometrischen und kathetometrischen Messungen.

Mittelst eines Bindfadens, der an den Köpfen der Schrauben befestigt war, konnten die Platten aufgehängt werden an einem Querriegel, der längs eines Ständers verschiebbar war; sie wurden in ein großes Gefäß voll destillirten Wassers ganz untergetaucht und blieben es ungefähr einen Tag; dann erst wurden sie theilweis aus dem Wasser ge-

zogen, um die Höhe zu messen, bei welcher die Flüssigkeit stehen blieb. Zu dem Ende sorgte ich dafür, daß das Wasser in dem Gefäße sich ein wenig über die Ränder erhob, dann liefs ich eine starke Spitze bis sehr nahe auf die Oberfläche herab. Ich visirte nach der Spitze und ihrem Bilde, und nahm die mittlere Lage des kathetometrischen Fernrohrs als diejenige, welche dem Niveau des Wassers im Gefäße entsprach. Hierauf visirte ich nach dem unteren Theil des Meniskus, welcher die Flüssigkeit begränzte; der Gang des Fernrohrs gab mir die gesuchte Höhe. Nachdem ich einige Messungen gemacht, tauchte ich die Platten wieder unter, und wartete bis zum anderen Morgen, um sie abermals herauszuziehen und neue Versuche zu machen. Durch Visiren nach verschiedenen Punkten der unteren Kante des Meniskus überzeugte ich mich, daß sie gut horizontal war. Man erhält dies Resultat genau oder sehr nahe, wenn die Platten wohl benäßt sind und nicht zu lange gehoben standen. Sobald diese Kante beträchtliche Unregelmäßigkeiten zeigt, muß man die Messungen verwerfen. Wenn die Platten wohl benäßt sind, beweist die Horizontalität der Kante, daß sie parallel sind und keine Biegungen erlitten haben. Sie waren übrigens schon durch ihre Dicke vor einem Fehler letzterer Art geschützt.

Läfst man die Platte lange Zeit zum Versuch stehen, so wird der über dem Wasser befindliche Theil nach und nach trocken, und zugleich nimmt die Erhebung der Flüssigkeit ab. Oft ist die Abnahme unregelmäßig, und dann bleibt die Endkante nicht mehr horizontal; manchmal erhält sich jedoch diese Horizontalität ziemlich gut. Ich habe die Depression der Flüssigkeit bei der Beobachtung verfolgt und theile sie hier mit:

0 <sup>h</sup>	0'	Platten herausgezogen	
0	7	Höhe der Flüssigkeit	16 <sup>mm</sup> ,45
1	24	" "	16,02
26		" "	14,88
44		" "	14,43.

Nun war der obere Theil des Zwischenraums der Platten bis zu dem Punkt trocken geworden, daſs man daselbst einen schwachen Absatz jener Substanzen erblickte, welchen selbst das destillirte Wasser oft beim Verdampfen hinterläſst. Dicht über dem Meniskus zeigten sich kleine liquifescirte Dampfkügelchen, ähnlich wie man sie an kalten Fensterscheiben warmer Zimmer sieht. In diesem Zustand unvollkommener Befeuchtung kamen die Capillar-Erscheinungen nicht mehr zur vollen Entwicklung; allein dennoch war die Steighöhe noch ungefähr 3 Millimeter gröſser als es die Regel von Simon in Metz angiebt.

Die Höhe von  $19^{\text{mm}},17$  entsprechend dem Zwischenraum von  $0^{\text{mm}},76$  erhielt man bei Trennung der Platten nicht durch Kupferdrähte, sondern durch Glasplättchen, die mit dem Sphärometer gemessen worden waren.

---

### VIII. Ueber die Theorie der Capillarphänomene; von Hrn. Gilbert.

(*Compt. rend. T. XLV, p. 771.*)

---

In dem vorliegenden Hefte der *Compt. rend.* (vom zehnten August 1851) setzt Hr. E. Desains aus einander, daſs, nach den von ihm mit dem Laplace'schen Gesetz vorgenommenen Prüfungen, das Verhältniſs der Steighöhen einer und derselben Flüssigkeit in einer Röhre und zwischen zwei parallelen Platten, die um den Durchmesser der Röhre von einander stehen, gleich 2 ist. Simon in Metz hatte dieſs geläugnet und für dieſs Verhältniſs den Werth  $\pi = 3,14 \dots$  angegeben.

Es ist merkwürdig, daſs die Theorie von Gauſs genau die Hälfte des von Simon gefundenen Verhältniſſes giebt. Man hat nämlich die Formel

$$h = (2\beta^2 - \alpha^2) \frac{b}{a},$$

in welcher  $h$  die *mittlere Höhe* der capillaren Oberfläche über der Ebene der äußeren, als unendlich angenommenen Flüssigkeit ist,  $\alpha$  und  $\beta$  zwei Constanten,  $b$  der Umfang und  $a$  der Flächenraum des geraden Querschnitts der cylindrischen Röhre.

Für eine andere Röhre von derselben Substanz in derselben Flüssigkeit hat man

$$h' = (2\beta^2 - \alpha^2) \frac{b'}{a'}.$$

Gesetzt die erste Röhre habe zum geraden Querschnitt einen Kreis vom Radius  $R$ , die zweite dagegen eine Ellipse, deren Halb-Axen und Umfang respective  $A$ ,  $B$  und  $E$  seyen, so hat man:

$$h = (2\beta^2 - \alpha^2) \frac{2}{R}; \quad h' = (2\beta^2 - \alpha^2) \frac{E}{\pi AB}$$

und

$$E = 4A \int_0^{\frac{1}{2}\pi} d\varphi \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi}, \quad e = \sqrt{\frac{A^2 - B^2}{A^2}}$$

Bleibt  $B$  constant und wird  $A$  unendlich, d. h. verwandelt sich die Röhre in ein System von parallelen Ebenen, so wird  $e = 1$  und  $\frac{E}{A} = 4$ , also

$$h' = (2\beta^2 - \alpha^2) \frac{4}{\pi B},$$

woraus folgt, daß wenn ich annehme  $2R = 2B$ , d. h. den Durchmesser der Röhre gleich dem Abstand der beiden Ebenen, ich haben werde

$$\frac{h}{h'} = \frac{\pi}{2} = 1,57 \dots$$

eine Zahl, die beträchtlich kleiner ist als die von Laplace und halb so groß als die von Simon.

IX. *Einige Bemerkungen über die meteorologischen Aufsätze des Hrn. Vettin; von H. W. Dove.*

Im 52. Bande dieser Annalen S. 1 bis 41 habe ich eine am 26. November 1840 in der Berliner Akademie gelesene Abhandlung »über das Gesetz der Stürme« veröffentlicht, in welcher ich die westindischen Wirbelstürme auf das zu früh erfolgende Herabkommen von Theilen des obern Passats zurückgeführt habe, und aus dem Hadley'schen Princip die schon im Jahre 1827 von mir gefundene entgegengesetzte Drehung des Wirbels auf der südlichen und nördlichen Erdhälfte (Pogg. Ann. Bd. 13, S. 598) abgeleitet. Den Grund, warum dieß Herabkommen gerade in der Nähe der westindischen Inseln am häufigsten erfolgt, habe ich erst später in der allgemeinen Vertheilung des atmosphärischen Druckes erkannt, nämlich in dem zeitweise erfolgenden seitlichen Einströmen von Luft in den obern Passat zu beiden Seiten eines großen Auflockerungsgebietes. Diese Ergänzung der gegebenen Theorie findet sich in dem Aufsatz »über die wahrscheinliche Entstehungsursache der westindischen Stürme« (Berichte der Berl. Akademie 1852 S. 285) und in einer Abhandlung im dritten Theil des *Observations made at the Magnetical and Meteorological Observatory at Hobarton in van Diemens Island p. IX*, woraus sie in englische und amerikanische Journale übergegangen ist. Meine sämmtlichen über die Stürme angestellten Untersuchungen auch über die, welche an der äußern Gränze des Passats und in der Mitte der gemäßigten Zone entstehen, habe ich in einer besonderen Schrift »Ueber das Gesetz der Stürme« (Berlin bei Reimer 1857 8. 115 Seiten) zusammengefaßt, einige Stürme der letztern Abtheilung aber noch ausführlicher in der »Darstellung der Wärmeerscheinungen durch fünftägige Mittel« (Berlin 1856 Fol.) erörtert.

Eine so lange Beschäftigung mit dem Problem der

Stürme wird das Interesse erklären, mit welchem ich den Aufsatz des Hrn. Vettin im 10. Hest des Jahrgangs 1857 dieser Annalen »über den aufsteigenden Luftstrom, die Entstehung des Hagels und der Wirbelstürme« durchlas. »Wird, heisst es daselbst S. 253 in einiger Entfernung vom Aequator eine Insel im Meere stark erhitzt, so nähert sich die Luft von allen Seiten her in Spiralen, am vollkommensten, wenn vorher eine weit verbreitete Windstille in dieser Gegend hervorgetreten. Hat sich einmal ein Wirbelsturm gebildet, so wird er mit dem herrschenden Winde (es war vorher eine weit verbreitete Windstille) fortziehen und an Orte gelangen, deren Temperatur gar nicht so hoch ist, als das dort für sich ein Wirbelsturm erzeugt werden könnte.« Da Charten über den Verlauf der Stürme der Passatzzone in den Werken von Redfield, Reid, Piddington, Tom, Maury und mir, ausserdem im 4. Bd. des Repertoriums der Physik, in Berghaus physikalischem Atlas, Müller's kosmischer Physik etc. sich finden, so darf man voraussetzen, dass jeder, der auch nur die oberflächlichste Kenntniss der Wirbelstürme hat, weiss, dass *nie* die Stürme der Passatzzone *in der Richtung* des herrschenden Passats sich fortbewegen, sondern stets mehr oder minder *senkrecht auf dieselbe*. Man sieht daraus, dass meine oben erwähnten Arbeiten in gar keinem Zusammenhang mit der Abhandlung des Hrn. Vettin stehen, denn jene beschäftigen sich mit der Erklärung wirklich existirender Erscheinungen, während er die Bewegungen des Tabakrauches in einem  $2\frac{1}{3}$ " weiten unten erwärmten Glaskasten beobachtet, nicht um die von Redfield in seiner bekannten Abhandlung »*whirlwinds excited by fire*« lebendig beschriebenen Erscheinungen im Kleinen nachzubilden, sondern um darauf die Theorie von Erscheinungen zu gründen, welche gar nicht existiren.

Der *Courant ascendant* einer Insel, welcher bekanntlich die täglichen Land- und Seewinde, d. h. die Rotation der Luft um eine *horizontale* nicht *verticale* Axe hervorruft, bewirkt am Barometer eine Verminderung des Druckes um



eine Linie, die Gröfse der täglichen Oscillation. Im Centrum eines Wirbelsturmes hingegen fällt das Barometer mitunter um zwei Zoll, ja so plötzlich, dafs wie mir Hr. Dr. Finlay aus Havannah erzählte, dort bei dem Orkan am 12. October 1846 die Luft sich so schnell verdünnte, dafs die Fenster der Häuser nach der Strafse hinaus gedrückt wurden. Der wirklich nachweisbare Effect des *Courant ascendant* einer Insel, der tägliche Seewind ist mit der Wuth einer Hurricane verglichen die sanfteste Brise, denn dieser bricht hundert Meilen von seinem Entstehungsorte durch Mauern von drei Fufs Dicke, verschiebt Häuser von ihrem Fundament, führt Vierundzwanzigpfünder hunderte von Füssen fort und schleudert ein Schiff gegen ein See-arsenal, dafs es davon zertrümmert wird. Nun mufs aber ein durch einen Wind blofs fortgeschobener Wirbel nothwendig fortwährend an Intensität abnehmen, da ja wie ausdrücklich bemerkt wird in den Gegenden, wo er hingelangt, die Erzeugungsursachen fehlen. Diefs liegt so auf der Hand, dafs Es py, der bekannte Urheber der *Courant ascendant* Theorie der Stürme, das Bewegungsmoment in der sich immer erneuernden Condensation von Wasserdämpfen sucht, während nach meiner Ableitung diese in immer von neuen herkommenden Luftmassen liegt, die am Aequator aufgestiegen nun plötzlich mit einem weniger schnell rotirenden Boden in Berührung treten, da ihnen durch seitliches Eindringen der Luft in den höheren Regionen der Atmosphäre plötzlich der Abflufs nach Norden versperrt wird. Welche Intensität mufste ferner der Wind haben, welcher einen solchen Wirbel im Mittel von 100 bis 150 Seemeilen Durchmesser fortschiebt. Geschieht in irgend einer Beschreibung eines solchen nach dem Wirbel erfolgenden stetigen Stromes eine Erwähnung? Mir ist keine bekannt und ich habe mich wenigstens bemüht, die Litteratur zu kennen.

Die Wirbelstürme der nördlichen Erdhälfte drehen sich im entgegengesetzten Sinne als die der südlichen, für die durch einen *Courant ascendant* entstehenden Wirbel ist

aber der Sinn kein bestimmter. Hr. Vettin bläst also nun Rauch in einen sich drehenden Glaskasten und erhält Wirbel im verlangten Sinne. »Der Erfahrung zu Folge und dem Versuch entsprechend ist der Sturm bei dergleichen Tornados auf der dem Aequator zugewendeten Seite gleichlaufend mit der Bewegung des letztern« (S. 253). Abgesehen davon, daß nach bekannten mechanischen Principien die verschiedene Rotation der geographischen Breitenkreise nur eine Ablenkung eines Luftstromes erzeugen kann, nie einen Wirbel, diesen nämlich nur im Conflict mit andern horizontalen Strömungen oder seitlichen Hemmungen (meine Ableitung der Rotation und der Sturm von Piddington diese Ann. Bd. 52 Charte), so kann doch unmöglich gemeint seyn, daß bei einer dem Aequator nahen Insel (und ich will hinzufügen einer kleinen, denn welche große Insel oder welche Insel überhaupt liegt denn bei dem Sturm im August 1837 östlich von den kleinen Antillen) die unbedeutende Differenz der geographischen Breite der Süd- und Nordküste einen Hurricane erzeugen kann, jeder über die Insel von Nord oder Süd her streichende Wind müßte ja dann schon ein Wirbel werden. Hier haben wir es also mit einer zweiten Theorie zu thun, d. h. der Sinn der Rotation soll nun bestimmt werden durch das Fortrücken des bereits erzeugten Wirbels. Wenn nun aber der bereits erzeugte Wirbel sich im entgegengesetzten Sinne dreht, so muß der erste zuerst zerstört werden, um dem normalen Platz zu machen. Ist dies der Fall, so ist die erste Entstehungsursache als unnöthig widerlegt und es stehen hier, durch wenige Zeilen getrennt, zwei einander widersprechende Theorien einer überhaupt zum Glück nicht existirenden Erscheinung.

Wenn Hrn. Vettin (in seinen meteorologischen Untersuchungen) die von mir gleich in meinen ersten Arbeiten über das Drehungsgesetz ausgesprochen und specieller (diese Ann. Bd. 58, S. 189 und nicht periodische Veränderungen der Temperaturvertheilung Bd. III, S. 129) auf ihren Entstehungsgrund zurückgeführte Thatsache, daß der

Polarstrom in Europa wegen des Verhaltens des Continents zum Meere im Winter auf die Nordostseite, im Sommer mehr auf die Nordwestseite fällt, bestimmt, die von mir durch dreißigjährige, größtentheils in diesen Annalen veröffentlichte, Arbeiten festgestellte Zurückführung der Witterungserscheinungen unserer Breiten auf zwei einander abwechselnd verdrängende Ströme, deren veränderliche Richtung innerhalb des letzten Jahrhunderts, Monat für Monat ich in den nicht periodischen Veränderungen der Temperaturvertheilung nachzuweisen gesucht habe, ohne Weiteres umzuwerfen, und den beiden Strömen zwei oder vier Moussons hinzuzufügen, welche als vollkommen unabhängig davon angesehen werden, so hat das denselben Sinn, als wenn Jemand die Erscheinung, daß der Nordostpassat des atlantischen Oceans durch die Wirkung des heißen Afrika je näher der Küste immer nördlicher wird, so behandeln wollte, daß diese *Winds that shift*, wie sie Dampier nennt, ein von dem Passat ganz unabhängiger Luftstrom seyen. Eben um den allgemeinen Gesichtspunkt festzuhalten, habe ich ausdrücklich bemerkt, daß ich jene beiden Ströme nicht nach einem Punkte der Windrose bezeichne, sondern Polar- und Aequatorialstrom nenne und um meine Grundansicht einfach darzulegen, erlaube ich mir hier eine Stelle aus der Abhandlung in den Beobachtungen von Hobarton anzuführen: »Die Meteorologie begann mit dem Studium europäischer Erscheinungen und wurde zunächst ausgedehnt auf die Phänomene des tropischen Amerika. Wenn das, was für Europa richtig ist, ebenso gültig wäre für die gesammte gemäßigte und kalte Zone und wenn in gleicher Weise das tropische Amerika ein entsprechendes Bild der heißen Zone gäbe, so würde es gleichgültig seyn, an welcher Stelle zuerst meteorologische Untersuchungen angestellt wurden. Diefs ist aber nicht der Fall, und eine zu hastige Verallgemeinerung hat dazu verleitet wichtige Probleme zu vernachlässigen, während andere weniger wichtige als wesentliche betrachtet, in den Vordergrund gestellt wurden. Es war nothwendig

dafs die Wissenschaft sich von diesen Fesseln ihrer Kindheit befreie.« Dafs ich in dieser Beziehung einem gefühlten Bedürfnifs Worte gegeben, schliesse ich aus dem lebhaften Anklang, welchen, wie ich in Blotgets eben erschienener *Climatology of the United states* finde, die Worte »it was necessary that the science should be freed from these youthful trammels« in Amerika gefunden haben. Der Weg, welchen Hr. Vettin einschlägt, würde consequent befolgt dazu führen, dafs ein in Stockholm geschriebenes Lehrbuch der Meteorologie in Petersburg unverständlich wäre. Es ist daher gar kein Grund vorhanden den von mir eingeschlagenen Weg zu verlassen, im Gegentheil.

Im zweiten Theil seiner meteorologischen Untersuchungen beobachtet Hr. Vettin das Apprallen des Rauches von der Decke und dem Boden in einen Glaskasten von  $3\frac{1}{2}$  Zoll Höhe und 16 Zoll Länge, indem er das eine Ende desselben mit einer Spiritusflamme erwärmt, und fügt dann hinzu: ähnliche Umstände werden auch bei der Circulation innerhalb der Atmosphäre eintreten müssen und nun werden eine Menge bekannter aus dem gegenseitigen Verdrängen der beiden Ströme in meinen »meteorologischen Untersuchungen abgeleiteter Erscheinungen auf diese »Wogen der Luft« zurückgeführt. Wem bekannt ist, mit welcher Vorsicht Daniell in seinen *Meteorological Essays* 1823 die Einwirkung jener übereinander gelagerten entgegengesetzten Ströme discutirt hat und wie wenig seine Theorie Anklang gefunden, mufs billig erstaunen, dafs eine so freie Bearbeitung jener Hypothese 34 Jahr später in Deutschland unter dem Titel die Wogen der Luft erscheint. Gegen diese Ansichten aufzutreten, schien mir unnöthig, da die Wahl zwischen nachweisbaren physikalischen Ursachen und einem hypothetischen Deckel in der Atmosphäre nicht schwierig erscheint. Jetzt aber, wo Hr. Vettin seiner Beobachtungen des Rauches zu Liebe selbst die Facta umkehrt, wie sie durch Hunderte von Beobachtungen in wenigstens 50 Abhandlungen festgestellt sind, habe ich es

für meine Schuldigkeit gehalten dagegen auf das Entschiedenste mich auszusprechen.

Ich bin weit entfernt irgend an der Richtigkeit der Beobachtungen selbst zu zweifeln und glaube, daß der Tabakrauch, welchen man zur Sichtbarmachung akustischer Schwingungen mit Erfolg angewendet hat, auch ein passendes Mittel abgiebt, die durch Wärme verursachten Bewegungen einer gegebenen Luftmasse sichtbar zu machen, was mit Berücksichtigung aller dabei entstehenden Bedingungen zu Resultaten über die Bewegungen einer auf eine bestimmte Weise durch Wände abgegränzter Luftmasse führen kann. Auch zweifle ich gar nicht, daß die Experimente sinnreich angestellt, da ich gehört habe, daß Hr. Vettin unter anderen physikalischen Apparaten auch einen sehr zweckmäßigen Windmesser construiert hat, der sich durch große Einfachheit empfiehlt. Diefs hat mich aber nicht abhalten können, gegen die zu hastige Verallgemeinerung der daraus gewonnenen Ansichten auf große atmosphärische Phänomene aufzutreten. In einem so verwickelten Gebiet, wie dem der atmosphärischen Erscheinungen, kann man nur Schritt für Schritt vorschreiten. Bei der immer mehr in der heutigen Physik um sich greifenden Sucht auf wenige empirische Prämissen ausgedehnte Speculationen zu gründen, weit über die Grenzen hinaus, bis zu denen der Prüfstein des Experimentes reicht, würde die Meteorologie, wenn sie ihr folgte, jeden festen Boden verlieren.

---

X. *Ueber den Ozongehalt der Atmosphäre;  
von Fr. Neumann.*

**D**a mir durch die Güte der einzelnen Herren Observatoren von den Beobachtungsstationen der österreichischen Monarchie die Resultate mehrjähriger, theilweise noch nicht veröffentlichter Ozonbeobachtungen zugekommen sind, habe ich eine Vergleichung derselben mit den Angaben des Hrn. Dr. Wolf in Bern, jenen des Radcliffe *observatory* zu Oxford, so wie den Schiefferdecker'schen zu Königsberg u. A. versucht, deren Ergebniss ich in Kurzem hier mittheilen will.

Wenn man vorerst den Zusammenhang der Ozonschwankungen mit denen der anderen meteorologischen Elemente prüft, so ergibt sich:

1. *Die Luft-Elektricität, als Quelle des atmosphärischen Ozons, hält mit demselben gleichen Gang.* — Die sehr emsigen Kremsmünsterer Beobachtungen, wie auch jene Quetelet's (Brüssel), Dr. Lamont's (München) und Dr. Böckel's (Straßburg) beweisen, dafs in allen jenen Fällen, wo die Luft-Elektricität durch unsere Instrumente genau wahrnehmbar ist, und die Beobachtung nicht wegen gewisser atmosphärischer oder localer Umstände unsicher wird, der Ausschlag des Elektrometers im geraden Verhältnisse zur Ozonreaction steht; herrannahende Gewitter, die von Niederschlägen begleitet sind, Hagelfälle, Blitzschläge und St. Elmsfeuer zeigen in auffallender Weise die Richtigkeit dieses Satzes.

2. *Atmosphärische Feuchtigkeitsmenge und Ozongehalt stimmen überein.*

In wie fern dieses Gesetz aus den Monatsmitteln der einzelnen Stationen hervorgeht, ergibt die nachfolgende Tabelle:

	Station.	Mittl. Feuch- tigkeits- gehalt.	überschritten in den Monaten	Mittl. Ozon- gehalt	überschritten in den Monaten
1854.	Wien	72,2	Jan. Febr. April Oct. Nov. Dec.	4,7	Jan. Febr. März Oct.
	Prag	75,16	Jan. Febr. März Oct. Nov. Dec.	1,21	Febr. März Aug. Nov. Dec.
	Krakau	80,3	Jan. Febr. März Aug. Nov. Dec.	3,94	Febr. März April Mai Juni Oct. Dec.
	Kremsmünster	78,9	Jan. Febr. März Oct. Nov. Dec.	5,44	Jan. Febr. März Juni Nov. Dec.
	Stanislaw	79,9	Jan. Febr. März Aug. Dec.	6,27	Jan. Febr. März April Juni Dec.
1855.	Wien	73,8	Jan. Febr. Oct. Nov. Dec.	3,8	Jan. Febr. März April Mai
	Prag	79,35	Jan. Febr. März Oct. Nov. Dec.	1,52	April Mai Juni Juli Aug. Oct.
	Krakau	82,5	Jan. Febr. März Nov. Dec.	4,12	Jan. Febr. März April Mai Juni
	Kremsmünster	81,92	Jan. Febr. März Sept. Oct. Nov. Dec.	5,0	Jan. Febr. März Apr. Mai Nov. Dec.
	Lemberg	78,45	Jan. Febr. März Sept. Nov. Dec.	5,7	Jan. März April Mai Oct. Dec.
	Stanislaw	78,2	Jan. Febr. März Juli Sept. Oct. Nov. Dec.	6,3	Jan. Febr. März April Juni Oct. Dec.
1856.	Kremsmünster	80,32	Jan. Febr. Sept. Oct. Nov. Dec.	4,67	Jan. Febr. März Nov. Dec.
	Krakau	78,7	Jan. Febr. März Oct. Nov. Dec.	3,32	Febr. März Mai Juli Aug. Sept. Nov.
	Stanislaw	76,8	Jan. Febr. März Sept. Oct. Nov. Dec.	6,7	Febr. März Mai Juni Sept.

Allerdings würden zu solchem Zwecke die Jahresmittel dem wahren Ausdrucke für die regelmäßigen Aenderungen der beiden Größen viel näher kommen, ich habe jedoch deren Vergleich vermieden, weil die ozonometrischen Ap-

parate *verschiedener* Stationen nur unzuverlässige Daten uns an die Hand geben.

Bei Weitem treffender ergibt sich dieses zweite Gesetz aus der Zusammenstellung der verschiedenen Aggregationszustände der Luftfeuchtigkeit mit den correspondirenden Ozonbeobachtungen, welche man aus den folgenden ersieht:

Luft-Feuchtigkeits- Formen	Ozon-Gehalt beobachtet zu:			
	Bern	Königsberg	Kremsmünster	
			1854	1855
keine d. i. heiter	4,86	6,9	3,71	3,60
Nebel	5,13		5,84	5,31
Regen	11,40	8,9	6,86	5,86
Schnee	14,15	10,1	8,93	7,82
Eiskrystallbildung			11,00	

gleiche, wenn auch nicht numerisch mir zugängliche Resultate fand Prof. Schönbein in Basel, so wie die K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien.

3. *Die Intensität des Windes vermehrt die Ozonreaction*; die Windrichtung hat nur durch den größeren oder geringeren, eigenthümlichen Feuchtigkeitsgehalt Einfluss; für Kremsmünster und Bern ist der West- und Südwest-Wind am ozonreichsten.

4. *Temperatur und Ozongehalt stehen zu einander im verkehrten Verhältnisse*. Für Kremsmünster fand man, daß im Jahre 1855

an Tagen von hoher Temperatur (über 13,5° R.)

der Ozongehalt im Mittel 2,33,

an Tagen von tiefer Temperatur (unter 6° R.)

der Ozongehalt im Mittel 6,31

betrug. Auch die folgende Zusammenstellung macht dieses Gesetz ziemlich anschaulich:



Station	1854.				1855.			
	Temperatur- Maximum	Ozon	Temperatur- Minimum	Ozon	Temperatur- Maximum	Ozon	Temperatur- Minimum	Ozon
Krakau	15,03	2,9	— 1,90	4,5	15,15	4,8	— 8,42	2,6
Wien	16,14	3,6	— 0,81	5,2	15,81	3,6	— 4,50	3,6
Kremsmünster	14,91	4,1	— 2,30	8,2	14,61	2,8	— 5,10	6,3
Senftenberg	12,81	7,0	— 2,66	9,1	12,25	8,3	— 6,79	9,5
Stanislaw	15,96	5,3	— 2,70	8,7				
Lemberg,					16,52	4,7	— 6,23	6,3
Czaslau					14,94	4,7	— 5,48	8,0
St. Maria					5,44	6,4	— 12,04	7,1

Die Ursache davon liegt theilweise, wie Schönbein glaubt, in der chemischen Natur des Ozons, theilweis darin, dafs bei warmer Luft durch die oxydirbaren Bestandtheile der Erdoberfläche ein immerwährender Zerstörungsprocefs des Ozons vor sich geht.

5. *Niederer Barometerstand und starker Ozongehalt fallen in der Regel zusammen.* Dafür sprechen die Berner und Kremsmünsterer Beobachtungen, allein die Königsberger (Schiefferdecker'schen) und die der meisten österreichischen Stationen ergeben widersprechende Resultate; wir unterlassen es daher die Monatsmittel derselben mitzutheilen.

Nach einer brieflichen Mittheilung des Hrn. Th. Brorssen in Senftenberg, soll erfahrungsmäfsig der Ozongehalt, mit bedeutenden Barometerschwankungen zusammenhängen, indem diese in unseren Breiten Nachwirkungen der elektrischen Entladungen der Tropengegenden sind.

Wenn man die Ozonschwankungen an und für sich verfolgt, so läfst sich bisher eine einzige *Periode* und zwar die *tägliche* nachweisen, da regelmäfsig bei *Nacht höhere* bei *Tag niedere Ozonreactionen* beobachtet werden. Dafür sprechen *alle* österreichischen, eben so wie die Mühlhausener

(Dr. Gräger), Königsberger, Straßburger und Oxforder Daten.

Die noch nicht bewiesene *jährliche* Periode soll ihr Maximum im Februar oder Januar, ihr Minimum im Juli oder September haben; wahrscheinlich hat der meteorologische *Winter* den meisten, der *Sommer* den geringsten Ozongehalt, während Frühjahr und Herbst die Uebergänge bilden.

Wien, am 1. October 1857.

# XI. *Zum Meteoriten von Hainholz; von Frhr. v. Reichenbach.*

## II.

In meiner jüngsten Notiz <sup>1)</sup> über den merkwürdigen Meteoriten von Hainholz habe ich unter anderem mitgetheilt, daß sich darin abgesonderte Knollen vorfinden, die dem Hauptbestandtheile nach aus Olivin bestehen und in ihrer Verbindung mit dem ganzen Steine als Meteoriten im Meteoriten erscheinen. Ich habe ihn seitdem bei guter Vergrößerung vielseitig weiter geprüft. Es zeigte sich nun, daß diese Knollen außer Olivin noch viele feine Gemengtheile enthalten, worunter eingesprengte metallische Eisenpartikeln und Schwefeleisenkrystalle reichlich sich befinden, alles im Verhältnisse zu dem Gemenge, das den ganzen Meteoriten ausmacht, in sehr verkleinertem Maasstabe. Diese Feinheit geht so weit, daß die metallischen Pünktchen, ungeachtet der ihnen beigebrachten Politur, dem freien Auge entgehen und nur unter dem Mikroskope bei 200facher linearer Vergrößerung deutlich sichtbar werden. Auch der Menge nach enthalten diese Knollen verhältniß-

1) Annalen Bd. CI, S. 311.

mässig ohne Vergleich weniger metallische Einschlüsse, als die Hauptmasse des Steines, so wenig, daß sie nicht einmal auf die Färbung Einfluß nehmen, während in Letzteren das Eisen den vorwaltenden Bestandtheil ausmacht. Sie sind also in der That Meteoriten für sich von viel kleinern Verhältnissen der Gemengtheile als die der ganzen Luftsteine, in welchen sie eingeschlossen zu uns gelangen.

Mittlerweile habe ich viele Stücke von Hainholzer Aërolithen durchschneiden und poliren lassen. Da ist dann abermals eine interessante meteoritologische Neuigkeit zu Tage gekommen, nämlich einzelne zerstreute *Kugeln von metallischem Eisen* von der Größe einer kleinen Erbse bis zu der einer mittleren Kirsche, d. i. bis zu 22 Millimeter Durchmesser. Diese Erscheinung ist noch nicht da gewesen. Wir besitzen Eisen in Meteorsteine eingemengt in Form eines Bindemittels für die steinige Substanz, am deutlichsten in Atakama, Pallas u. a., wo es sichtlich ein Netz bildet, das die übrigen Bestandtheile umfaßt, einschließt, und sich ihrer Gestalt klammerartig anschließt. Hier aber erhalten wir umgekehrt das Eisen als selbstständigen Einschluss, mit eigener, innerer Ausbildung, nicht die Steinsubstanz einschließend, sondern von derselben eingeschlossen und von ihr umlagert; auch nicht mit dem übrigen reichlichen Eisen des Meteoriten zusammenhängend, sondern ganz selbstständig, für sich abgerundet und von eigenthümlichem innerem Gefüge: es sind metallische Individuen von Meteoriten in einen andern steinigen Meteoriten fertig aufgenommen und darin eingelagert. Auch das Gefüge ist ganz ein anderes; es besteht aus rundlichen, abgesonderten, kleinen Eisenkörnern, welche noch kleinere rundliche Schwefeleisenpartikel in sich enthalten. Ueberläßt man die polirte Schnittfläche der Luft, so überzieht sie sich in wenigen Tagen, ja Stunden mit einer Efflorescenz von Eisenrost; die Kreisfläche bedeckt sich ganz damit und wird garstig, während alles andere Eisen des Meteoriten blank bleibt. Aetzt man sie mit Salpetersäure an, so entsteht Schwefelwasserstoffgasgeruch und es kommen

zwar keine bestimmten Widtmannstetten'schen Figuren darauf zum Vorscheine, wohl aber alle Elemente dazu, namentlich an vielen Stellen das charakteristische blattartige Leisteneisen, welches Hr. Haidinger (nicht aber Hr. Shepard) Schreibersit genannt hat (eine Benennung, der ich ihres Uebellautes halber nicht beistimmen möchte), das viele von den Eisenkörnern theils als Einfassung umgiebt, theils in geraden Linien durchsetzt, wie dieß in der Mehrzahl der Meteoreisenmassen der Fall ist.

Die Veranlassung zu dem Roste kommt aus den Ablösungen hervor, welche die kleinen Körner, aus denen die Eisenkugeln bestehen, unter sich bilden. Sichtlich kommen sie nach Art eines Dunstes aus ihnen hervor und überziehen die blanke Außenseite mit Rost. Es ist bereits die Meinung ausgesprochen worden, daß Chlor hier vorhanden und activ sey. — Wenn man diese knolligen Eisenkugeln, welche sich aus der Masse des Meteoriten absondern lassen, und bisweilen von selbst absondern, unzertheilt der Luft überläßt, so bekommen sie Risse, schwellen auf, bersten, entwickeln Rostefflorescenzen und würden in Bröckchen zerfallen, wenn man sie sich selbst überließe, gerade wie es die meteorische Eisenmasse von Ashville thut, der man auch Chlorgehalt beimist, und die ich in Steinöl aufbewahren mußte, um sie vor gänzlicher Zerstörung zu retten.

Diese Eisenkugeln sind als selbstständige Massen, die erst nach vollbrachter Bildung in die Gesamtmasse des Meteoriten eingeknetet wurden, nothwendig älter als dieser. Und wie ich früher gezeigt habe, daß selbstständige ältere olivinige Meteorsteinmassen in dem Luftsteine von Hainholz eingeschlossen sich vorfinden, so sehen wir nun, daß auch selbstständige ältere Eisenmassen darin eingebettet sind, also Meteorsteine und Meteoreisenmassen von früherem Herkommen eingeschlossen in Meteorsteine von jüngerer Erzeugung.

Die Meteorsteine sind folglich nicht schnell, sondern sie sind langsam entstanden; von ihren Bestandtheilen hat

einer nach dem andern seine Stelle eingenommen. Wir sind bereits im Stande an ihnen, wie auf der Rinde unseres Planeten, verschiedene Bildungsepochen zu unterscheiden, und es eröffnet sich die Aussicht, zum Nachweis einer Zeitfolge ihrer Bestandtheile, einer Art von Geologie der Meteoriten, wenn mir die uneigentliche Benutzung des Wortes hier erlaubt ist, zu gelangen, die sich durch fortgesetzte Beobachtungen weiter entwickeln und dann vielleicht Rückschlüsse auf die Hergänge bei der Bildung des Erd-Innern zulassen wird.

---

## XII. *Ueber die Meteoriten aus dem Tolucahale in Mexiko; von Frhr. v. Reichenbach.*

---

### III.

Den Bemühungen der HH. Stein, Krantz, Schleiden, Burkart, Ordunez, u. a. m. verdanken wir vom Jahre 1784 an bis heute eine Reihe meteorischer Eisenmassen, die unter den Namen Toluca, Tejupilco, Xiquipilco, Ixtlahuaca u. s. w. aus dem Tolucahale, in Mexico nach Europa, größtentheils nach Deutschland gekommen sind. Früher wurden einzelne schwere Massen dort entdeckt; neuerlich hat Hr. Krantz zu Bonn eine genaue Nachsuchung anstellen lassen und von diesem Streifzuge nicht weniger als 73 kleine Eisenmeteoriten erhalten. Man ist darüber längere Zeit nicht einig gewesen, ob diese entlang eines Striches von einer deutschen Meile zerstreut gefundenen Eisenmassen mehreren oder nur einem Meteoritenfalle zugehören. Hierüber werden die Zweifel nunmehr schwinden.

Vor Kurzem empfang ich einen Abschnitt von einem solchen Eisen, den Hr. Krantz von einer 42 Pfund schwe-

ren Masse hatte nehmen lassen, wovon er viele Exemplare unter dem Namen Tejupilco an die europäischen Sammlungen abgegeben hat. Er wog etwas über 2 Pfund. Darin fanden sich große Flecke von hochgelbem und von blasgelbem Schwefeleisen; Graphit zeigte sich und Widtmannstetten'sche Figuren unter Kreuzungswinkeln von 60 Grad kamen auf der ganzen Schnittfläche beim Anätzen zum Vorscheine. Dafs sind jedoch alles bekannte gewöhnliche Dinge.

Nun stiefs ich aber bei der Betrachtung auf etwas Ungewöhnliches: es zeigten sich mitten im Eisen ziemlich große Stücke von steiniger Beschaffenheit, theils dunkelgrau, mit gelben durchsichtigen Flecken, theils gelblich hellbraun, grobkörnig, ritzbar von Topas, nicht ritzbar von Quarz, den äufseren Merkmalen nach als Olivin sich verhaltend. Man hat bei der Lösung verschiedener Meteor-eisen in Säuren als Rückstand mehrfältig feine unlösliche Körnerchen gefunden, die darin eingesprengt gewesen seyn mußten; allein hier kamen zusammengesetzte grössere ausgebildete Steinmassen im Eisen, wie wir sie noch nie gesehen haben, eckige Stücke von 10, von 14 Millimeter Durchmesser, ja eine zusammenhängende Steinbildung von 40 Millimeter, also von fast  $1\frac{1}{2}$  Zoll Länge zum Vorscheine. Ich lege eine beiläufige Zeichnung davon bei Fig. 24, Taf. III auf welcher die punktirten Stellen *a* dem Olivin, die schraffirten Stellen *c* auf der Schnittfläche Schwefeleisen andeuten.

Unlängst hatte ich von Hrn. G. A. Stein zu Darmstadt einen schönen Meteoriten aus dem Tolucathale von fast 17 Pfund angekauft. Er wog ursprünglich  $19\frac{1}{2}$  Pfund und kam aus der Nachbarschaft der Hazienda Maui (sprich Manji). Das abgetrennte Stück von  $2\frac{1}{2}$  Pfund war zum Theil abgefeilt, zum Theil abgebrochen. Bruchfläche und Schnittfläche zeigten sich nicht überall metallisch, sondern zum großen Theile matt, steinig und blaugrau. Genau betrachtet war dieß nicht Eisen, nicht Graphit, noch weniger Schwefeleisen, sondern deutlich eine Substanz, von weissen und gelben Körnern durchsprengt, und ganz über-

einstimmend mit den olivinigen angeschliffenen Parthien in obigem Meteoriten von Tejupilco. Hier erlangte die Erscheinung einen knolligeckigen Zusammenhang von 63 Millimeter, also von fast  $2\frac{1}{2}$  Zoll Länge.

Weiter habe ich ein von Hrn. Stein erworbenes Stück Meteoreisen von  $9\frac{1}{4}$  Pfund, welches von einer 230 Pfund schweren Masse abgeschnitten war, die Hr. Ordunez im Tolucahale in einer Seitenschlucht, Bata, gefunden und an Hrn. Stein verkauft hatte. Auch auf diesem zeigten sich eingesprengte Olivine, weniger zwar, aber ebenso entschieden mit denselben Beschaffenheiten ausgestattet.

Endlich besafs ich noch einige kleinere Meteoreisen aus dem Tolucahale, die ich von Hrn. Krantz mit Angabe des Fundortes Ixtlahuaca empfangen, einen von 3 Pfund, dann von 2 und einige von 1 Pfund, die ich jedoch als ganze Aerolithe nicht gerne zerschneiden lassen mochte. Aber alle zeigten auf der Rinde schon Merkmale von Einschlüssen, die nicht aus Eisen, sondern aus einer steinigen Substanz bestanden.

Wir haben also hier, zunächst für die *specielle* Kenntnifs der Toluca-Meteoriten, ein gemeinsames eigenthümliches Merkmal gewonnen, das diejenigen alle in besondere Weise mit einander verbindet, die ganz oder theilweise in meine Hand gekommen sind, und das ihnen einen gemeinsamen Artcharacter giebt. Es läfst sich daraus inductorisch schliessen, dafs er allen den Tolucaeisenmassen mehr oder minder zukommen wird. Und daraus folgt dann weiter, dafs diese nahe beisammen, mit einer so eigenthümlichen Beschaffenheit, die bei keinem bekannten anderen Aërolithen sich wiederfindet, ausgerüsteten meteorischen Eisenmassen unzweifelhaft von einem und demselben Meteore und Meteoriten Regen herrühren und sich sofort in eine einheitliche Haupterscheinung verringern.

Aber für die *generelle* Kenntnifs der Gesamtgeschichte der Aërolithen gewährt diese Erscheinung eine bedeutendere Ausbeute. Sie zeigt uns zum ersten Male mit Entschiedenheit, dafs gröfsere Steinpartikeln in Eisenmassen

vorkommen können und hier thatsächlich vorkommen. Diefs haben wir bisher noch nicht gesehen; das Tolucaeisen ist der erste bekannte Luftstein, der in dieser Form auftritt.

In meinen heiden letzten Notizen (in d. Ann.) habe ich gezeigt, dafs es *Meteorsteine* giebt, in welchen selbstständige *Eisenkugeln* eingelagert als Meteoriten in Meteoriten vorkommen; heute komme ich mit der umgekehrten Beobachtung, dafs es *Meteoreisenmassen* giebt, in welchen selbstständige zusammengesetzte *Steinknollen* eingelagert als Meteoriten in Meteoriten auftreten.

Beide Thatsachen sind für unsere Kenntnifs der Gesamterscheinung der Himmelsteine von wesentlicher Bedeutung; sie verbinden und verketten nämlich die Steinmeteoriten mit den Eisenmeteoriten nunmehr unmittelbar und so innig, wie diefs bis jetzt bei weitem nicht der Fall war. Zwar haben wir in Pallas, Atakama und Bittburg eine Art von Zwischengliedern zwischen Stein- und Eisenmassen; diefs ist jedoch nur scheinbar, alle drei sind nur *Meteorsteine* von gröberem Korne; wie in allen anderen eisenreichen Meteoriten, wie zu Smolensk, Wessely, Blansko, Seres feinere Eisennetze, feinere Olivine, Anorthite, Augite umschliessen, so umschliessen in jenen gröbere Eisennetze gröfsere Olivine; die Structur bleibt dieselbe und Pallas, Atakama und ähnliche gehören mit vollem Rechte den *Meteorsteinen* an. Es fehlten uns also bisher noch wesentliche Verbindungsglieder, die den Uebergang von blofsen Steinen ohne Eisen, wie Stannern, Bishopville, Juvenas, vermittelten mit allen blofsen Eisenmassen ohne Steine, deren wir viele besitzen. Wir hatten keinen Meteorstein mit untergeordneten individuellen Eisenmassen; jetzt haben wir sie in Hainholz; umgekehrt hatten wir keine ausgesprochenen Meteoreisen mit untergeordneten Steinmassen, nunmehr haben wir auch diese in Toluca. Sie verknüpfen die Reihe auf beiden Seiten und füllen auf jeder die bisher bestandenen Lücken so aus, dafs nunmehr sämtliche Meteoriten als eine fortlaufende Reihe von Individuen eines Genus von Naturerschei-



nungen dastehen, die einen gewissen Grad von Vollständigkeit besitzt, damit das wissenschaftliche Interesse in einem erhöhten Grade in Anspruch zu nehmen berechtigt ist und mehr Befriedigung gewähren muß, als dieß bis hieher möglich war. Die Meteoriten sind nicht mehr unzusammenhängende einzelne Seltsamkeiten, sondern sie lassen sich ihrem inneren Einbaue nach, so verschiedenartig sie auch in den beiden Endpunkten der Reihe aufzutreten scheinen, dennoch alle ohne Annahme unter viele gemeinschaftliche Gesichtspunkte nunmehr zusammenfassen; der Entstehungs- und Bildungszusammenhang aller unter einander kommt mit Klarheit und Einheit zum Vorscheine; man erkennt jetzt, daß sie augenscheinlich alle aus einer und derselben Werkstätte hervorgehen; es tritt eine gewisse Gesetzlichkeit in ihrem Baue an das Tageslicht, welchen das Studium folgen kann, und die zu höherer Ausbildung der Meteoritenkunde als belangreichem Zweige der Naturwissenschaft leiten muß.

### XIII. *Ueber die Dichtigkeit des Ozons; von Th. Andrews und P. G. Tait.*

(Aus den *Proceedings of the Roy. Society Vol. VIII. 498.*)

Wie bekannt kann das Ozon nur gemengt mit einem großen Ueberschuß von Sauerstoff erhalten werden. In einer früheren Mittheilung eines der Verfasser dieser Notiz wurde gezeigt<sup>1)</sup>, daß bei der Elektrolyse eines Gemisches von 8 Theilen Wasser und 1 Theil Schwefelsäure die mittlere Menge des Ozons nicht 0,0041 Grm. in 1 Liter Sauerstoff oder  $\frac{1}{250}$  übersteige. Bei Anwendung eines Gemisches aus gleichen Volumen Säure und Wasser kann die relative Menge des Ozons verdoppelt werden; allein selbst bei Ozon in diesem concentrirteren Zustand sind die gewöhnlichen Methoden zur Bestimmung der Dichtigkeit eines

1) Ann. Bd. XCVIII, S. 435.

Gases ganz unanwendbar. Die Schwierigkeit vergrößert sich noch durch die rasche Wirkung des Ozons auf Quecksilber, welche es unmöglich macht, dasselbe über diesem Metall aufzufangen und zu messen; und die Spannung der Wasserdämpfe, so wie die allmähliche Zerstörung des Ozons durch Wasser, hindert auch am Gebrauch des letzteren. Nach vielfältigen Versuchen wurde zuletzt die Methode angewandt, die Volumenänderung zu messen, welche das ozonhaltige Gasgemenge durch Erhitzung bis  $230^{\circ}$  C. oder höher erleidet. Stets zeigte sich das Volum nach dieser Behandlung vergrößert. Indem sie die Effecte der während des Versuches eingetretenen Temperatur- und Druckveränderungen mit Hülfe eines ähnlichen Gefäßes wie das, welches das Ozon enthielt, eliminirten, gelang es den Verfassern, die erfolgende Volumveränderung bis auf einen äußerst kleinen Bruchtheil des Ganzen abzuschätzen.

Die bei verschiedenen Versuchen angewandten Gefäße faßten 200 bis 600 CC. und endigten in U-förmigen Röhren von etwa 2 Millimeter Durchmesser, welche Schwefelsäure enthielten. Den Betrag an Ozon ermittelte man, indem man einen Strom des Gases durch zwei andere Gefäße leitete, eins auf jeder Seite des zu erhitzenden, und darauf den Inhalt derselben nach der schon in der früheren Mittheilung beschriebenen Methode analysirte. Es war leicht, eine Druckveränderung im Betrage von  $\frac{1}{100,000}$  des Ganzen mit Sicherheit zu messen; allein wegen der gewöhnlichen Schwankungen des atmosphärischen Drucks zwischen zwei auf einander folgenden Beobachtungen des ursprünglichen und der beiden seitlichen Gefäße war es selten möglich diesen Grad von Genauigkeit zu erreichen.

Die experimentellen Data sind noch nicht vollständig reducirt und einige kleine Berichtigungen noch nicht erforscht; allein das allgemeine Resultat der Untersuchung, welche sich sehr in die Länge zog, gab, (in der Annahme, daß das Ozon nichts als Sauerstoff in einem allotropischen Zustand sey), für die Dichtigkeit desselben, verglichen mit der des Sauerstoffs, beinahe das Verhältniß 4:1.

#### XIV. *Der Tonflammenapparat;* *von F. G. Schaffgotsch.*

Unter obiger Bezeichnung will ich eine kleine Vorrichtung beschreiben, welche mir besonders geeignet scheint zu Versuchen über die Wirkung von Tönen auf Gasströme und Gasflammen und zwar sowohl zu den bereits in diesen Annalen, Bd. CI. S. 471 angeführten Versuchen, als auch zu ganz neuen, mit denen ich noch gegenwärtig beschäftigt bin und deren Veröffentlichung, zugleich mit genauen Angaben über die Benutzung des Apparates zu den früheren Versuchen, ich mir vorbehalte. Ich gebe also hier nur die Bauart und die Maafsverhältnisse der Taf. V, Fig. 5 abgebildeten Geräthschaft.

In der Mitte eines viereckigen, 25<sup>mm</sup> dicken Brettes von Eichenholz, dessen wagerechte Kanten 240<sup>mm</sup> und 105<sup>mm</sup> messen, steht senkrecht eine runde, 320<sup>mm</sup> hohe und 10<sup>mm</sup> dicke Eisenstange, auf welcher sich zwei verschiedene, von einander unabhängige Stücke mit geringer Reibung auf- und niederschieben und durch Klemmschrauben in beliebiger Höhe festhalten lassen, nämlich, von unten an gerechnet:

1) eine hohle Messingkugel von etwa 30<sup>mm</sup> Durchmesser, welche, übrigens gasdicht gearbeitet, in zwei Messingröhren mündet, die eine 8<sup>mm</sup> weit und 25<sup>mm</sup> lang, in der Zeichnung parallel der kürzeren Brettkante und in das eine Ende eines 7<sup>mm</sup> weiten und 90<sup>mm</sup> langen Kautschukschlauches geschoben, die andere ungefähr ebenso weit, 40<sup>mm</sup> lang, in der Zeichnung der längeren Brettkante parallel und am Ende eine Messingfassung tragend, in die ein gewöhnlicher porcellanener 24-Lochbrenner gasdicht eingekittet ist, welcher sammt Fassung 47<sup>mm</sup> hoch, äusserlich 22<sup>mm</sup> und innerlich, d. h. über den Luftkanal weg gemessen, 11<sup>mm</sup> weit ist,

2) eine 43<sup>mm</sup> lange (und 10<sup>mm</sup> weite) Messinghülse, an

welche eine zweite von 32<sup>mm</sup> Länge und 4<sup>mm</sup> Weite parallel angelöthet ist. In diese letztere ist oberhalb eingehakt und in ihr mit starker Reibung drehbar der 25<sup>mm</sup> lange senkrechte Schenkel eines rechtwinklig gebogenen Messingdrahtes, dessen wagerechter, 45<sup>mm</sup> langer und in der Figur der längeren Brettkante paralleler Schenkel eine aus weichem, doch schwach federndem Messingblech cylindrisch gebogene, 26<sup>mm</sup> hohe und 22<sup>mm</sup> weite senkrechte Klammer trägt, welche der Ansatzstelle des Drahtes gegenüber senkrecht aufgeschlitzt ist.

Auf der Ebene des Brettes liegen, durch Drahtbügel festgehalten, zwei symmetrische, gekrümmte und zwar ihre Wölbung der Brettmitte zukehrende, je 85<sup>mm</sup> lange und 6<sup>mm</sup> weite Messingröhren, welche durch ein Hahnstück, worein sie in der Mitte der vorderen, dem Beschauer zugewandten längeren Brettkante gemeinschaftlich einmünden, mit einer sammt dem Hahnstück 100<sup>mm</sup> langen und 8<sup>mm</sup> weiten Messingröhre in Verbindung stehen. Diese letztere ist auf die Brettmitte geradezu gerichtet und ragt wagerecht über das Brett hinaus. Sie trägt ferner 30<sup>mm</sup> von ihrem vorderen dem Beschauer zugewandten und zum Einleiten des Gases bestimmten Ende ein zweites Hahnstück, welches auf ihr senkrecht steht und oberhalb in eine rechtwinklig gebogene, auf die Eisenstange geradezu gerichtete, 6<sup>mm</sup> weite Röhre ausgeht, deren wagerechter (der unteren Röhre paralleler) Theil, welcher 30<sup>mm</sup> misst, in der zweiten Oeffnung des oben erwähnten Kautschukschlauches steckt und deren Mitte von der Mitte der unteren Röhre 40<sup>mm</sup> absteht. Die beiden freien Enden der gekrümmten Messingröhren gehen ohne Durchmesseränderung in zwei 16<sup>mm</sup> hohe senkrechte Ansätze über, welche zur Aufnahme zweier gut eingeschliffenen, konisch gebohrten messingenen Brennerspitzen dienen. Diese Spitzen sind unten 3<sup>mm</sup>, oben 1<sup>mm</sup> weit, ragen 60<sup>mm</sup> über das Brett hervor und können jeden Augenblick durch beliebige andere Spitzen oder Korke ersetzt werden. Sie stehen von der Eisenstange beiderseits gleich weit ab und liegen in einer durch

diese und durch die Mittelpunkte der kürzeren Brettkaute gelegt gedachten Ebene. Die Figur stellt die rechte Spitze in der Axe eines von der geschlitzten Messingklammer gehaltenen 273<sup>mm</sup> langen und 21<sup>mm</sup> weiten Glasrohres und die linke, die punktirte, in der Axe des Porcellanbrenners dar, welcher soweit hinabgeschoben ist, daß die in den Luftkanal frei hineinragende Spitze von der ringförmigen, durchlöcherten Oberfläche desselben 10<sup>mm</sup> absteht.

Es ist vortheilhaft, in dem Brette einige senkrechte Bohrlöcher zur Aufbewahrung solcher Spitzen und Korke anzubringen, welche augenblicklich nicht gebraucht werden. Diese Löcher fehlen in der Zeichnung.

Berlin den 22. December 1857.

---

*XV. Ueber die Constitution der Seifen-Blasen;  
von Dr. V. S. M. van der Willigen.*

---

**W**enn man ein wenig Seifen-Lösung in einer Flasche thut und schüttelt, so daß eine gute Blase entsteht und man legt nun die Flasche auf die Seite, so sieht man erst wie Stängelchen auf der Blase hinunterlaufen, und bald darauf eine Decke langsam von der Blase abgleiten, in welcher sich die Newton'schen Farben-Ringe entwickeln, wie in einem gewöhnlichen Iriskop. Nach einiger Zeit entsteht oben auf der Blase ein schwarzes Segment, das stets größer und größer wird, weiter und weiter sinkt, dann die farbige Decke hinunter, während ihr oberster grauer und weißer Theil, der noch vor dem ersteren farbigem Ringe liegt, stets dabei schmaler wird. Im schwarzen Segmente sieht man hin und wieder noch kleine weißgelbe Kügelchen herumtreiben und an der Decke selbst steigen stets farbige geschwänzte Kügelchen hinauf, die nicht früher Halt machen, als wenn sie in dem farbigen Ringe von

niederer Ordnung angekommen sind, dessen Farbe sie besitzen; und sind diese aufsteigenden Kügelchen ganz schwarz, so vereinigen sie sich erst mit dem schwarzen Segmente. Es ist wohl außer allem Zweifel, daß beim Uebergang vom Schwarz zu dieser farbigen Schicht, die die eigentlichen Farben trägt, ein gewisser *Sprung* stattfindet. Eisenlohr meint<sup>1)</sup>, daß dieser Sprung genügend erklärt sey, indem er annimmt, daß die Blase sich in verschiedene Schichten von der Dicke eines Atoms auflöst und der Sprung vom ersten zum zweiten (daß ist vom schwarzen Segmente zum ersten Weißen) nur deshalb so viel besser bemerkt werde in Bezug auf die übrigen Folgenden, die bei jedem Farbenwechsel eintreten müßten, weil hier im Anfang die Differenz der Dicken in Bezug auf die Dicke selbst so ansehnlich ist.

Dieser Versuch gelingt nicht mit harten Seifen; die farbige Decke scheint hier zu zähe und sie bewegt sich nur träg und unregelmäßig; mit flüssigen (nicht harten) Seifen gehts weit besser, aber am aller besten mit sogenannter Terpentin- oder Cocosseife. Bei dieser letzten Seife scheint die Decke überaus flüssig und wenig viscos zu seyn, da hier das Farbenspiel am schnellsten eintritt, die auf dem Segmente nachkommende Kügelchen am kleinsten sind und auch die Farbe des obersten äußersten Randes am tiefsten, bis zum ersten Grau hinuntergeht.

Während des Processes sieht man den Farbenton des obersten Randes langsam in der Scala steigen, bisweilen wohl vom Grau zum ersten Gelb oder Orange. Diefes deutet auf eine sehr langsame Zunahme in Dicke, und doch würde der erste Sprung so groß seyn; mir scheint wenigstens dieser Unterschied zu bedeutend, um mich damit zu begnügen und schon von vornherein kann man sagen, daß der Zuwachs in Dicke hier für den Uebergang vom Schwarz des Segments zu dem Grau des Randes weit größer und

1) Bericht über die XXIXte Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte im Sept. 1856 S. 86.

daher reinerer Natur seyn muß als für den Uebergang von Grau oder Weiß zu dem nächst höheren Farben-Ton.

Die Stängelchen schon, welche beim Anfang des Versuches auf der Blase dahin laufen, weisen auf eine Ungleichartigkeit in der Seifenlösung selbst hin; es ist als wenn sich eine ölige Flüssigkeit aus einer wässerigen ausscheidet. Das Trübewerden, das man bald nach einiger Zeit in einer klaren Seifenlösung verspürt, und der Zustand, den ich eine Art Verwesung oder Zersetzung nenne, worin ich öfters meine Seifenlösung vorfand, beide weisen darauf hin, daß wenigstens in dieser wässerigen Lösung eine gewisse Decomposition auftritt, wodurch Ausscheidung von freier Fettsäure oder Oel möglich wird. Deshalb halte ich eine Seifenblase lieber für aus zwei Schichten von ganz verschiedener Brechbarkeit zusammengesetzt, von denen die untere wässerige nur zum Träger dient für die oberste farbige Schicht, die aus freier abgeschiedener und sehr dünnflüssiger Fettsäure zu bestehen scheint. Diese oberste Schicht gleitet dann leicht auf der unteren fort; und die Dicke ihres obersten Randes, und damit auch dessen Farbe, hängt ab von der größeren oder geringeren Flüssigkeit des Oels und von der Spannung, die auf diesen Rand wirkt; und da beim Hinuntersinken die Anhaftungspunkte weiter aus einander rücken, so ändert sich auch diese Spannung und damit auch die Dicke und Farbe des Randes. Und weil eine Verdünnung dieser aufliegenden Schicht bis ins Unendliche eine Unmöglichkeit ist, so muß beim ersten Anfang, daß ist an ihrem Rande, wohl ein gewisser Sprung stattfinden.

Oel bricht das Licht mehr als die Luft und die wässerige Seifenlösung; sie liegt also zwischen zwei Substanzen, die einen geringeren Einfluß auf das Licht ausüben, und deshalb muß nach dem Young'schen Gesetze ein relativer Verlust von  $\frac{1}{2}$  Wellenlänge stattfinden zwischen dem Licht, das von ihrer Vorderseite, und dem, welches von ihrer Hinterseite zurückgeworfen wird; da die Farben ohngefähr mit dem Grau oder Weiß der ersten Ordnung



anfangen, so mag die Dicke dieser Oelschicht an ihrem dünnsten Rande ohngefähr  $\frac{1}{8}$  Wellenlänge betragen.

Den stärkeren Glanz der farbigen Decke erklärt man in meiner Voraussetzung auch sehr leicht, da das Oel oder Fett mit seinem größeren Brechungsvermögen auch ein größeres Reflexionsvermögen besitzt als die darunterliegende wässerige Flüssigkeit, und da ferner das von der Hinterfläche unserer Oelschicht reflectirte Licht in Intensität weit nachstehen muß dem, welches von ihrer Vorderfläche reflectirt wird.

Uebrigens glaube ich festsetzen zu können, daß die eigentliche wässerige Schicht gar keinen Einfluß besitzt, auf die Trennung der Farben; im schwarzen Segmente würde man diese Schicht unendlich dünn oder wenigstens dünner als  $\frac{1}{20,000}$  eines Millimeters annehmen müssen, wenn dieses Schwarz z. B. ein Dunkelgrau der ersten Ordnung seyn sollte; und die Farben der Decke fangen mit einer so niedrigen Stufe an, wirklich mit der ersten Ordnung, daß man entweder die darunterliegende wässerige Schicht für außerordentlich dünn halten oder wenigstens zugeben muß, daß ihr Einfluß, durch das von ihrer Hinterseite reflectirte Licht, auf die eigentliche Farben äußerst gering sey. Die Dicke dieser Wasser-Lamelle läßt sich wohl nicht leicht direct bestimmen, aber ich nehme sie lieber gleich  $\frac{1}{300}$  oder  $\frac{1}{400}$  eines Millimeters an, so daß sie im zusammengesetzten Lichte keine Farben mehr giebt, als gleich  $\frac{1}{20,000}$ .

Hagen <sup>1)</sup> hat einen Versuch beschrieben, woraus hervorgeht, daß die Stärke der Oberfläche von Seifenlösung der von reinem Wasser nachsteht; und doch würden Seifenblasen länger bestehen können als Wasserblasen; eben so scheint mir eine Oeldecke die Erklärung zu geben von der sonst sonderbaren und bewundernswerthen Beständigkeit der Seifenblasen. *Si licet magna componere parvis*, dann kann man einige Uebereinstimmung finden zwischen dem so viel besprochenen Vermögen des Oels, die Wellen des

1) Abhandlungen der Berliner Akademie Math. Classe 1846 S. 1 u. sqq.



Meeres zu besänftigen, und dieser Beständigkeit der Seifenblasen, indem bei beiden eine Oeldecke das darunterliegende Wasser gegen äußere Einflüsse schützen würde. Wenn nun diese Oeldecke zum größten Theile weggesunken ist, findet die wässerige Schicht sich ihrer Vormauer beraubt und sie zerspringt bei der geringsten Störung.

**XVI. Ueber das Verhalten eines kleinen Springbrunnens innerhalb einer elektrischen Atmosphäre;  
von Albert Fuchs,**

Professor am evangel. Lyceum zu Presburg.

(Aus den »Verhandlungen des [im Jahre 1856 gegründeten] Vereins für Naturkunde zu Presburg« Jahrg. I, Sitzungsberichte S. 79.)

Läßt man das Wasser eines kleinen Springbrunnens durch eine so kleine Öffnung strömen, daß ein Druck von beläufig 26" den Strahl kaum auf eine Höhe von 12" treibt, so wird sich derselbe in viele kleine Tropfen auflösen, die in Parabeln von sehr kleinen Parametern nach allen Seiten aus einander gehen und nicht weit von der Öffnung niederfallen. Bringt man in die Nähe dieses Strahls einen elektrisirten Körper, etwa ein mit Seide geriebenes Glasrohr, so wird in dem Abstand von 4 bis 5 Schritten alles Tropfenwerfen aufhören, der Strahl zieht sich in eine Säule zusammen, und steigt, ähnlich dem Pistille einer Lilie, vollkommen ungetheilt in die Höhe. Hält man den elektrisirten Körper ganz nahe an den Strahl, so stiebt er in äußerst feinen Tröpfchen aus einander. Die Erscheinung ist dieselbe, ob man Glas- oder Harz-Elektricität anwendet, sie wird nur modificirt durch die Stärke des Springbrunnens und durch die Kraft der Elektricität des genäherten Körpers.

Die Ursache der Erscheinung mag in Folgendem liegen.

Das Tropfenwerfen des ursprünglichen Strahls ist eine rein mechanische Wirkung der Adhäsion des Wassers an den Wänden des Mundstücks, verbunden mit der freieren Bewegung der Wassertheilchen in der Axe des Strahls. Hält man den elektrischen Körper in größerer Distanz, so werden die einzelnen, nicht elektrischen und isolirten, Tropfen durch Vertheilung elektrisch, und wenden sich wechselseitig die entgegengesetzt elektrischen Seiten zu; sie ziehen sich hiermit an und der Strahl wird eine ungetheilte Säule. Bringt man den elektrischen Körper ganz nahe, so wird die ganze Masse des Wassers durch Vertheilung stark homogen elektrisch, die kleinsten Wassertheilchen stoßen sich ab, und werden nun eines Theils durch elektrische, andern Theils durch mechanische Kräfte aus einander geworfen.

---

Im ersten Theile der erwähnten »Verhandlungen«, welcher die Abhandlungen der Gesellschaft enthält, wird die eben beschriebene Erscheinung ausführlicher vom Herrn Verfasser untersucht. Unter andern wird darin die große Empfindlichkeit eines feinen Springbrunnens hervorgehoben, die so beträchtlich sey, daß sie der eines Goldblatt-Elektrometers nicht allein gleichkomme, sondern sie bei feuchter Luft noch übertreffe. Hält man z. B. den Kopf in 12 bis 18 Zoll Entfernung, und führt mit der Hand nur einmal durch die Haare, so zieht sich der Strahl augenblicklich, wenn auch nur auf kurze Zeit, zusammen. Schließendlich wird noch Folgendes angeführt: »Als vor ungefähr 20 Jahren zu Eperies (Ungarn), in der Werkstatt des Mechanikus Gustav Liedemann, der sich auch mit Anfertigung von physikalischen Schulapparaten beschäftigte, Experimente mit einem Elektrophor angestellt wurden, hat man an einem in der Nähe springenden Heronsbrunnen das Zusammenziehen des Wasserstrahls zufällig bemerkt«.

---

## XVII. *Polarisation der Elektroden und Wasserbildung im Voltameter; von Bertin.*

(*Compt. rend. T. XLV, p. 820.*)

I. Zersetzt man gesäuertes Wasser durch einen starken Strom (von 50 Elementen) in einem Voltameter mit einer einzigen Glocke, welche die aus der Zersetzung entstehenden Gase, Sauerstoff und Wasserstoff, in Umgebung der Elektroden gemengt aufnimmt, so sieht man, im Moment, da die Glocke fast mit den Gasen gefüllt ist, das Gemenge freiwillig verpuffen, wenn die Elektroden aus folgenden Metallen bestehen:

Positive Elektrode.

Negative Elektrode.

- |                                 |                              |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1. Platin, platinirt oder nicht | Platin, platinirt oder nicht |
| 2. Platin                       | Kohle                        |
| 3. Platin                       | Eisen                        |
| 4. Platin                       | Blei                         |
| 5. Blei                         | Platin                       |
| 6. Eisen                        | Platin                       |
| 7. Eisen                        | Kohle                        |
| 8. Blei                         | Kohle.                       |

II. Dagegen verpufft das Gemenge nicht wenn ist:

Positive Elektrode.

Negative Elektrode.

- |            |                |
|------------|----------------|
| 9. Platin  | Kupfer         |
| 10. Platin | Zink           |
| 11. Platin | Zink, amalgam. |
| 12. Eisen  | Blei           |
| 13. Blei   | Eisen          |
| 14. Eisen  | Messing,       |

oder wenn die positive Platte aus einem Körper besteht, der den Sauerstoff absorbirt, wie Kohle, Kupfer, Zink u.s.w., weil das Gas alsdann nicht mehr verpuffend ist. Diese Absorption war bei den Versuchen 12, 13 und 14 möglich; allein man versicherte sich, dafs sie wirklich nicht stattfand, dafs das Gasgemenge leicht im Eudiometer verpuffte.

III. Ersetzt man im Voltameter das gesäuerte Wasser durch gewöhnliches Wasser, so vereinigen sich die Gase nicht mehr instantan; allein es kann eine mehr oder weniger rasche Recomposition stattfinden, sowohl nach der Unterbrechung, als auch während des Durchganges des Stromes. Es kann alsdann geschehen, daß die Elektroden unten das Wasser zersetzen, und oben es wieder bilden, so daß die Flüssigkeit in der Glocke schwankt und diese sich niemals leert.

Dies beobachtet man in folgenden Fällen:

Positive Elektrode,	Negative Elektrode.
15. Platin, platinirt oder nicht	Platin, platinirt oder nicht
16. Platin	Kohle
17. Platin	Eisen
18. Platin	Kupfer.

Die erste Combination ist die beste.

IV. Die Wasserbildung bei diesen Versuchen kann nicht zugeschrieben werden:

1. Der katalytischen Kraft des Platins, denn sie findet in Fällen statt, wo diese Kraft nicht existiren kann (Versuch 5, 6, 7 und 8); sie findet nicht statt in anderen Fällen, wo diese Kraft möglich wäre (Versuch 9, 10 und 11); und endlich hat man sich direct versichert, daß die Platinplatten des ersten Versuchs wirklich nicht fähig waren, ein Gasgemenge zum Verpuffen zu bringen, welches sie nicht selbst erzeugt hatten; es scheint nöthig zu seyn, daß der Sauerstoff sich im Entstehungszustande oder in dem das Ozon characterisirenden Zustande befinde.

2. Der Erwärmung der Elektroden, denn dieselbe ist nicht so beträchtlich.

3. Dem elektrischen Funken, denn die Säule giebt unter diesen Umständen keine Funken.

4. Der Ueberführung feuriger Theile von einer Elektrode zur anderen, oder kleinen Verbrennungen, die etwa unten an den Elektroden stattfänden; denn einerseits sieht man nie ein lebhaftes Licht der bleichen Flamme der Explosion vorhergehen, und andererseits sieht man diese

Feuer oft bei den Versuchen 9 und 14, bei denen keine Explosion stattfindet; man muß also schliessen, daß sie dieselbe nicht zu erzeugen vermögen.

Man muß also diese Erscheinungen auf die unter dem Namen Polarisation der Elektroden bekannte Eigenschaft zurückführen, von denen sie eine Manifestation in großartigem und ungewöhnlichem Maasse sind.

### XVIII. *Ueber das Phänomen der Fluorescenz;* *von C. M. Guillemin.*

(*Compt. rend. T. XLV, p. 773.*)

Aus den merkwürdigen Versuchen der HH. Brewster, J. Herschel und Stokes über die eigenthümliche Modification gewisser Strahlen des Spectrums durch die fluorescirenden Substanzen scheint hervorzugehen, daß das Phänomen auf die oberflächlichen Schichten der Körper beschränkt ist und daß die Strahlen, nach dem Durchgang durch eine sehr geringe Dicke der Substanz, die Eigenschaft verloren haben, abermals eine solche Modification zu erleiden. Diefes war besonders die Meinung von Hrn. Herschel, weil er dem Phänomen den Namen *epipolische Dispersion* beilegte, von επιπολη Oberfläche, um damit anzudeuten, daß der Strahl blofs in den oberflächlichen Schichten abgeändert werde.

Als ich ein Strahlenbündel eines durch ein Quarzprisma gebildeten Sonnenspectrums lothrecht auf eine kubische Glasflasche voll einer fluorescirenden Flüssigkeit fallen liefs, und winkelrecht auf die Richtung der Strahlen schaute, beobachtete ich, daß das diffundirte Licht nicht blofs von der Oberfläche herkam, sondern auch von tieferen Schichten der Flüssigkeit bis zu einem Abstand, der zunahm in

dem Maafse, als ich mit weniger und weniger brechbaren Strahlen operirte.

Diese Beobachtung hat mich zu der Annahme geführt, dafs ein und dasselbe Bündel in den oberflächlichen Schichten der Substanz nicht alle Strahlen abgiebt, die einer Brechbarkeitsveränderung fähig sind, und dafs demgemäfs ein und derselbe Strahl das Phänomen der Fluorescenz zwei oder mehre Mal darbieten kann. Diese Eigenschaft läfst sich durch folgende Vorrichtung erweisen.

Die Strahlen eines Spectrums von einem Quarzprisma, genommen zwischen den Strichen *H* und *I*, und isolirt durch einen Schirm mit einer 1 Millimeter breiten Spalte fallen auf ein zweites Quarzprisma, welches sie abermals bricht. Eine matte Porcellanplatte in gewisser Entfernung aufgestellt, fängt auf: einerseits ein sehr schwaches Lichtspectrum, welches aus der vom zweiten Prisma bewirkten Dispersion des vom ersten diffundirten weifsen Lichts entspringt, und andererseits das zwei Mal dispergirte Bündel der dem Versuch unterworfenen Strahlen. Diese letzteren projeciren sich jenseits des Violetts des schwachen Spectrums im Zustand von unsichtbaren Strahlen; man versichert ihrer Gegenwart durch Auffangung derselben mit einem Uranglase.

Wenn man nun vor dem zweiten Prisma zwei plane Quarzplatten aufstellt, welche eine durch Capillarität anhaftende Schicht einer Lösung von Aesculin oder schwefelsaurem Chinin einschliessen, so sieht man das Spectrum des diffusen Lichts durch die Dazwischensetzung der Substanz schwach modificirt, und man erweist leicht, mittelst derselben Lösung, dafs ein grofser Theil der ultravioletten Strahlen durch die Flüssigkeit geht und zum zweiten Mal das Phänomen der Fluorescenz zu erzeugen vermag. Die dünne Flüssigkeitsschicht fängt im Allgemeinen nur die dem Striche *P* benachbarten Strahlen auf.

Bringt man die Dicke der fluorescirenden Schicht allmählig auf 1, 2, 3, . . . 10 . . . 20 Millimeter und mehr, so entsteht auch dann noch dasselbe Phänomen, und man sieht für eine bestimmte Gegend des Spectrums die Menge

der absorbirten Strahlen mit der Dicke zu nehmen<sup>1)</sup>. Ueberdies ist es sehr leicht nachzuweisen, dafs, bei einer selben Dicke der fluorescirenden Substanz, die Absorption zunimmt in dem Maafse, als man sich den brechbareren Strahlen nähert, und man gelangt so nach und nach zu einem Punkt, wo Alles absorbirt ist.

Diese Versuche wurden gemacht mit einer Lösung von 1 Grm. Chininsulfat und 1 Grm. Weinsäure in 200 Grm. Wasser, mit einer wässerigen Lösung von Aesculin, mit Tincturen von Curcuma, von Brennesseln und von Stechapfelsamen, und mit Uranglase. Alle diese sehr gesättigten Lösungen zeigten sehr verschiedene Absorptionsvermögen; so liefsen, bei einer Dicke von 1 Millimeter, das schwefelsaure Chinin, das Aesculin, die Daturatinctur und das Uranglas einen grofsen Theil der dem Striche *I* benachbarten Strahlen durch und die Menge der durchgelassenen Strahlen nahm mit Annäherung an das Roth sehr rasch zu. Bei derselben Dicke absorbirten die Tincturen von Curcuma und von Brennesseln Alles, selbst im Blau und Indigo; man mufs diese Substanzen auf eine Schicht von 0,5 Millimeter reduciren, wenn die fluorescirenden Strahlen durchgehen sollen. Bei einer Dicke von 10 Millimeter läfst das schwefelsaure Chinin noch Strahlen durch, die brechbarer sind als die des Striches *H*. Bei derselben Dicke fangen das Aesculin und die Daturatinctur die violetten Strahlen auf und lassen den gröfsten Theil der indigofarbenen Strahlen durch. Bei einer Schicht von 20, 30, 40 Millimetern nähert sich der Punkt, bei dem der ganze Strahl absorbirt wird, dem Grün; endlich vermögen die zwischen den Strichen *b* und *F* liegenden Strahlen beträchtliche Dicken von den Lösungen zu durchdringen, ohne Einbuse ihrer Eigenschaft, zum zweiten Mal einen fluorescirenden Schein auszusenden. Wenn man diese Lösungen mit Wasser oder Alkohol verdünnt, nimmt ihr Absorp-

- 1) Zur Erleichterung der Sprache nehme ich das Wort *Absorption* in einem etwas anderen Sinne wie gewöhnlich. Ich bezeichne mit *absorbirten Strahlen* diejenigen Strahlen, welche die specielle Modification erlitten haben, die ihnen die fluorescirenden Substanzen einprägen.

tionsvermögen ab, und die Dicke der Schichten, welche die Strahlen mit Beibehaltung ihrer ersten Eigenschaften zu durchdringen vermögen, nimmt bedeutend zu.

In der schönen Abhandlung des Hrn. Stokes liest man, daß das durch eine Aesculinlösung gegangene Licht keine Diffusion bei Ankunft auf einer Lösung von schwefelsaurem Chinin bewirke, daß aber das durch eine Lösung von schwefelsaurem Chinin gegangene Licht sehr merklich von Aesculin diffundirt werde <sup>1)</sup>. Ich habe nichts Aehnliches beobachtet; im Gegentheil habe ich mich durch das eben beschriebene Verfahren versichert, daß die Strahlen, welche durch eine, selbst ziemlich dicke Schicht von Aesculinlösung gegangen sind, noch einen sehr merklichen fluorescirenden Schein auf Chininsulfat hervorbringen. Wenn das von Hrn. Stokes bezeichnete Phänomen zu entstehen scheint, so kommt dieß daher, daß das Aesculin eine reichlichere und hellere Diffusion giebt als das Chininsulfat. Ebenso können die vom Uranglase durchgelassenen Strahlen auf Aesculin- und auf Chininsulfat-Lösung abermals Fluorescenz erleiden und umgekehrt.

Kurz es folgt aus diesen, mit den fluorescirendsten Substanzen angestellten Versuchen:

1) daß das Phänomen der Fluorescenz im Innern der Körper entsteht, in einem desto größeren Abstände von der Oberfläche, je weniger brechbar die Strahlen sind,

2) daß die durch ein fluorescirendes Mittel gegangenen Strahlen dasselbe Phänomen zum zweiten Mal erzeugen können, wenn sie auf dieselbe Substanz oder auf andere mit derselben Eigenschaft begabten Substanzen fallen, vorausgesetzt, daß das erste keine zu große Dicke besitzt.

3) daß die Dicke, welche man der Substanz geben muß, damit sie alle fluorescirenden Strahlen absorbire, sehr rasch zunimmt, in dem Maasse als man von den äußersten ultra-violetten Strahlen gegen die rothen vorrückt.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XXXVIII, p. 496* (*Ann. Ergänzbd. IV, S. 207*).



XIX. *Von einer ökonomischen Art, einen elektrischen Strom durch den Erdmagnetismus zu erzeugen; von Hrn. Lamy.*

(*Compt. rend. T. XLV, p. 807.*)

Bekanntlich giebt es in jeder Dampfmaschine ein Rad von Gufseisen, um die Bewegung zu regeln, einen wahrhaften Kraftbehälter, *Schwungrad* genannt. Im Zustand der Ruhe wird dieses Schwungrad durch den Erdkörper magnetisirt; es wird es auch während seiner Bewegung, aber der Magnetismus ist anders vertheilt und er verändert sich beständig in einem gegebenen Stück der Felge. Umwickelt man daher einen Theil dieser Felge, winkelrecht gegen ihre Richtung, mit einem mit Seide oder Baumwolle übersponnenen Draht, so hat man eine Drahtrolle, vergleichbar der in der Clarke'schen Maschine, mit dem Unterschiede jedoch, dafs sie sich nicht vor künstlichen Magneten, sondern vor dem Magnet der Erde dreht. Ueberdies kann man wegen der Gröfse des metallischen Kerns die Menge des Kupferdrahtes bedeutend vermehren, ehe man die Gränze der inductiven Wirkung erreicht, und damit vermehrt man zugleich sehr den Widerstand der Kette und die Spannung des Stromes.

Man wird bemerken, dafs man durch diese Einrichtung eine nothwendige Bewegung benutzt. Einige Dutzende Kilogramm Draht, hinzugefügt zu einem Schwungrad von 4 bis 5000 Kilogramm, können nicht als ein beträchtlicher Widerstand oder als schädlich für den Effect der Maschine betrachtet werden, weil ein bedeutendes Gewicht nothwendig ist für die Regelmäßigkeit des Ganges und der Arbeit.

Meine Abhandlung giebt an: Die Dimensionen, das Gewicht und die Orientirung des von mir benutzten Schwungrades, den complexen Magnetismus desselben im Zustand der Ruhe und Bewegung, den directen Einflufs der Erde auf die Drahtwindungen der Felge und endlich die Gränzlängen, die ich, für die Umdrehungsgeschwindigkeit des Schwungrades, den Drahtgewinden glaubte geben zu müssen. Ich construirte drei Drahtgewinde von 27 bis 33 Centimeter Länge respective mit Kupferdraht von 1<sup>mm</sup>,85, 1<sup>mm</sup>,1 bis 1<sup>mm</sup>,4 und 0<sup>mm</sup>,6 bis 0<sup>mm</sup>,62 Dicke. Der Draht No. 1 war 600 Meter lang, No. 2 2000, und No. 3 5450 Meter.

Mit der Rolle No. 2 erhielt ich einen schwachen Funken, aber energische Schläge durch den Extrastrom. No. 3 allein oder, der Länge nach, mit No. 2 verbunden, gab Spannungs-Effecte, die denen einer Säule von zwei Bunsen'schen Elementen vergleichbar waren. Alle Salzlösungen, die ich versuchte, Brunnenwasser, selbst destillirtes, vollkommen reines Wasser, wurden bei Anwendung von Elektroden aus Platindrähten zersetzt.

Wo ein eisernes Schwungrad vorhanden ist, können auf diese ökonomische Weise elektrische Ströme erzeugt werden, und wir glauben daher nicht zu viel zu behaupten, wenn wir sagen, daß sie dereinst nützliche Anwendungen finden werde.

## XX. Neuer Polarisator von Kalkspath.

Der Umstand, daß bei Anfertigung eines Nicol'schen Prismas sehr viel Kalkspath verloren geht, indem ein Stück von etwa drei Mal so großer Länge als Dicke erfordert wird, hat Hrn. Foucault veranlaßt, eine andere Construction zu ersinnen, die er in den *Compt. rend. T. XLV, p. 239* also beschreibt:

Ich nehme ein Kalkspath-Rhomboëder (*parallelepipède*), dessen Längskanten nur etwa fünf Viertel von einer der Seiten der Basen betragen, lege durch die stumpfen Winkel einen um  $59^\circ$  gegen die Ebene der Basen geneigten Schnitt, und bringe, nachdem die neuen Flächen polirt worden sind, die beiden Stücke wieder in ihre natürliche Lage, ohne sie zusammen zu kleben, vielmehr einen kleinen Zwischenraum lassend, worin Luft bleibt, die, bei gehörigem Einfallswinkel, die totale Reflexion des ordentlichen Strahls bedingt.

Schaut man durch ein so geschnittenes, und überdies wie das Nicol'sche Prisma gefasstes Rhomboëder, so findet man noch ein angulares Polarisationsfeld; allein da der Brechungsindex der Luft bedeutend geringer ist als die der beiden Strahlen im Kalkspath, so zeigt sich die vollständige Polarisation nur in einer Ausdehnung von etwa 8 Grad, und das Gesichtsfeld, welches sie einnimmt, ist eingefasst von zwei rothen Streifen.

Die neue Combination genügt also nicht den Bedingungen, die zu einem guten Zerleger erforderlich sind; allein, wenn es sich bloß darum handelt, ein Bündel Sonnenlicht, dessen äußerste Strahlen eine Divergenz von einem halben Grad haben, zu polarisiren, so reicht dazu das Prisma mit der Luftlamelle mehr als vollkommen aus. In gewisser Beziehung ist dieser Polarisator sogar dem Nicol'schen Prisma vorzuziehen, weil die Reflexion des ordentlichen Strahls unter einer Incidenz geschieht, welche ihn fast winkelrecht gegen die Intersection der beiden Seitenflächen wirft, wodurch denn dieser Strahl keine Tendenz hat sich abermals zu reflectiren, um zur Basis auszutreten und, wie bei dem Nicol, sich dem außerordentlichen Strahle beizumengen. Wenn überdies der Kalkspath recht rein ist, keine Sprünge und hemitropische Lamellen besitzt, so geschieht die Auslöschung durch einen Zerleger vollständig in der ganzen Ausdehnung des durchgelassenen Bündels. Es steht zu glauben, daß in den Fällen, wo das Nicol'sche Prisma als Polarisator angewandt wird, die neue Combination vorzuziehen sey, weil sie einen vollständigeren Effect bewirkt und dabei zwei Drittel an Kalkspathmasse spart.

## XXI. Notizen.

1. *Elektromagnetischer Einfluß eines Nordlichts.* — In Bretten (an der Eisenbahn von Bruchsal nach Stuttgart) beobachtete man am Morgen des 17. Decembers 5 Uhr 45 Minuten bis 6 Uhr 20 Minuten ein großartiges Nordlicht, welches erst gegen Nordwest als ein Ganzes erschien, sich dann nach zwei Seiten hin, die ganze Gegend erleuchtend, trennte und plötzlich verschwand. Sämmtliche Telegraphen-Apparate der Station Stuttgart in der Richtung gegen Bruchsal und Heilbronn gaben zur oben angegebenen Zeit Zeichen. Das Galvanometer gab, ohne daß eine Batterie einen Strom entsendete,  $25^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  Abweichung, dabei von Norden bald gegen Osten, bald gegen Westen abfallend. Auf die bisherigen Wintertage bis  $-5^{\circ}$  mit Nebel folgte heute klare und milde Witterung bis zu

+ 4° R. im Schatten. (Aus dem Staats-Anzeiger für Württemberg vom 19. Dec. d. J.)

2. *Großer Inductionsapparat.* — Im Decemberheft des *Phil. Magazine*, 1857, meldet Hr. E. J. Ritchie, zu Boston, daß er im verflossenen Juli einen Inductionsapparat verfertigt habe, der 60000 Fufs Draht enthalte und, angeregt durch zwei Bunsen'sche Elemente, 10½ Zoll lange Funken in der Luft gebe. Er befinde sich jetzt im *Columbia College* zu New-York und sey nach dem früher (im *Phil. Mag. Sept.* 1857 und *Silliman's Journ.* Juli 1857) von ihm beschriebenen Princip construiert. — [Dieses Princip, wenigstens so wie Hr. R. es später modificirte, kommt mit dem überein, welches von mir in diese *Annal.* Bd. XCIV (1855), S. 290 beschrieben worden ist; anfänglich wandte er ein etwas anderes an, daß aber nach der Beschreibung ganz unverständlich ist; beide bestehen im Wesentlichen darin, den Inductionsdraht in Abtheilungen aufzuwickeln, die, wie die Windungen selbst, wohl von einander isolirt sind. Uebrigens fragt es sich noch, wie lange der riesige Apparat des Hrn. R. seine große Wirksamkeit behalten werde; nach hier gemachten Erfahrungen werden alle Apparate bei häufigem Gebrauche schlechter.

P.]

*Berichtigung.* — Erst nach dem Druck meines im diesjährigen Octoberheft dieser Annalen enthaltenen Aufsatzes »über zwei ausgezeichnete Beispiele der Schmelzpunkt-Erniedrigung« habe ich erfahren, daß bereits vor einer Reihe von Jahren Hr. Person die Schmelzpunkte des salpetersauren Kalis, des salpetersauren Natrons und des gleichatomigen Gemisches beider Salze bestimmt, und seine Bestimmungen veröffentlicht hat. Siehe Liebig und Kopp's Jahresberichte, für 1847 und 1848 S. 73 und für 1849 S. 33. (F. G. Schaffgotsch.)

# Namenregister zum Jahrgang 1857.

## A.

Andrews, Th. u. Tait P. G.,  
Ueb. d. Dichtigk. des Ozons CII,  
625.

## B.

Baudrimont E., Ueb. d. Erlösch.  
d. Schallschwing. in heterogenen  
Flüssigk. CII, 256

Beer A., Ueb. d. Plateau'schen  
Versuch mit Flüssigk., die der  
Wirk. d. Schwerkraft entzogen  
sind, C. 459. — Ueb. d. Trans-  
format. d. flüssig. Cylinders CII,  
320.

Beer A. und Kremers P., Ueb.  
d. Brechungsindices einig. wä-  
rigen Salzlös. CI, 133.

Beetz W., Ueb. d. elektromagnet.  
Wirkung volta'scher Ströme ver-  
schiedn. Quellen CII, 557.

Bergemann, C., Untersuch. von  
Meteoreisen C, 245.

Berthelot, Untersuch. üb. den  
Schwefel C, 619. — Ueb. Bild.  
d. unlösl. Schwefels unter Einfl.  
d. Wärme, C. 629.

Bertin, Polarisat. d. Elektrod. u.  
Wasserbild. im Voltam. CII, 635.

Bleekrode, Silber im Meerwass.  
CII, 478.

Böttger R., Reinigung missfarbig  
gewordn. silbern. Gegenstände C,  
658. — Darst. v. rein. Eisenamalg.  
CI, 10. — Gefahrlose Bereit. des  
selbst-entzündl. Phosphorwasser-  
stoffgases CI, 453.

Bosscha J., Ueb. die mechanische  
Theorie d. Elektrolyse CI, 517.

v. Breda u. Logeman, Ueb. d.  
Fortführ. v. Flüssigk. durch po-  
röse Scheidewände C, 149.

Brunner C., Darstell. und Eigen-  
schaften d. Mangans CI, 264.

Buff H., Schreib. an G. Magnus  
C, 168. — Siehe Wöhler.

Bunsen R. u. Roscoe H., Photo-  
chem. Untersuchungen, 2. Abh. C,  
43. — 3. Abh. C, 481. — 4. Abh.  
CI, 235.

Bunsen R. u. Schischkoff L.,  
Chem. Theorie d. Schiefspulv. CII,  
321.

## C.

Chandler Ch. F., Analyse des  
Zirkons von Buncombe County  
CII, 444.

Cima, Neue stereoskop. Erschein.  
CII, 319.

Clausius R., Ueb. d. Art v. Be-  
wegung, die wir Wärme nennen  
C, 353. — Ueb. Elektrizitätsleit.  
in Elektrolyten CI, 338. — Siehe  
Hoppe.

## D.

Dauber H., Ueb. Svanbergit und  
Beudantit C, 579.

Desains E., Ueb. d. Capillarphä-  
nomene C, 336. — Ueb. d. capill.  
Aufst. d. Wass. zwischen parallel.  
Platten CII, 601.

Descloiseaux, Ueb. das Daseyn  
d. Circularpolarisation im Zinno-  
ber CII, 471. — do. u. im schwe-  
felsaur. Strichnin CII, 474.

Denville s. St. Claire-Deville.

Dexter W. P., Ueb. d. Atomge-  
wicht d. Antimons C, 563.

Ditscheiner L., Ueb. das Axen-  
verhältn. d. Hemi-Orthotyps C, 516.

Dove H. W., Ueb. Binocularsehen  
durch gefärb. Gläser CI, 147. —  
Ueb. d. elektr. Licht CI, 292. —  
Methode, Interferenz- u. Absorp-  
tionsfarben in belieb. Verhältn. zu  
misch. CI, 298. — Ueb. d. Un-  
terschiede monocularer u. binocu-  
larer Pseudoskopie CI, 302. —  
Akust. Interferenz CI, 492. — Be-  
merk. zu d. Aufsätzen v. Vettin,  
CII, 607.

Dub J., Ueb. d. Länge d. Elektro-  
magnete CII, 199.

## E.

Edlund, Ueb. telegraph. Gegen-  
sprechen C, 470. — S. Siemens.

Ermann A., Ueb. d. Salzgehalt d.  
Meerwassers CI, 577.

## F.

Faraday M., 30. Reihe v. Experimental-Untersuch. üb. Elektr. C, 111 u. 439. — Ueb. d. Funkeln d. Sterne CI, 157. — Ueb. Versilbern d. Glases u. Durchsichtigk. d. Goldes CI, 313.

Faye, Färb. d. Mondes bei seinen Verfinsterungen C, 42.

Field F., Bestätigte Gegenwart v. Silber im Meerwasser C, 349.

Foucault L., Neuer Polarisorator CII, 642.

Franz R., Untersuch. üb. d. Diathermansie gefärbt. Flüssigkeiten CI, 46.

Fuchs A., Verhalt. e. Springbrunnens geg. elektr. Körper CII, 633.

## G.

Gilbert, Ueb. d. Theorie d. Capillarität CII, 605.

Grove W. R., Ueb. einige neue Methoden z. Hervorbring. u. Fixir. elektr. Figuren C, 345.

Guillemin C. M., Ueb. d. Fluorescenz CII, 640.

## H.

Halske, Stereoskop mit bewegl. Figuren C, 657.

Hankel W., Ueb. d. farbige Reflexion d. Lichts an mattgeschliff. Fläch. C, 302.

Heintz W., Ueb. d. Margarinsäure CII, 257.

Heller, Irrlichtbeobacht. CI, 157.

Helmholtz H., Das Telestereoskop CI, 494 u. CII, 167.

Heraeus W. C., Verkauf v. Platingeräthen CI, 644.

Hoppe R., Bemerk. zu den Aufsätzen von v. Seydlitz u. von Clausius CI, 143. — Ueb. d. Biegung prism. Stäbe CII, 227.

## J.

Jamin, Ueb. d. Geschwindigk. d. Lichts in Wass. von verschiedn. Temperat. C, 478.

## K.

Karsten H., Rohrzucker im Wespenhonig C, 550.

Kenngott A., Ueb. d. Pseudomorphosen d. Kupfers C, 467. — Mineralog. Notizen CII, 308.

Kirchhoff G., Ueb. d. Beweg. d.

Elektr. in Drähten C, 193 u. 351.

— Ueb. d. Beweg. d. Elektr. in Leitern CII, 529.

Knoblauch H., Ueb. d. Einfl. d. Metalle auf strahlende Wärme CI, 161.

Koosen J. H., Entwickl. d. Fundamentalgesetze d. Elasticität u. d. Gleichgewichts chemisch homogen. Körper CI, 401.

Krantz A., Das Meteoreisen vom Tolucathal CI, 152.

Kremers P., Vergleich d. Modificat. d. mittl. spec. Wärme mit der des mittl. Volums C, 89. — Ueb. d. Schmelz- u. Siedpunkte d. Glieder einzelner Triaden C, 261. — Ueb. d. Aendr., welche d. Modificat. d. mittl. Volums gelöster Salzmassen durch Aender. d. Temperat. erleidet C, 394. — Ueb. conjugirte Triaden CI, 274. — Ueb. d. Brechvermög. einiger Salzlösungen CI, 459. — s. Beer.

## L.

Lamy, Ueb. den Magnetism. u. d. elektr. Leitvermögen d. Kaliums u. Natriums C, 165. — Von ein. ökonomischen Art, einen elektrischen Strom durch Erdmagnetismus zu erzeugen CII, 641.

Lang V. v., Bemerk. z. Krystallisation d. Quarzes C, 351.

Logeman s. Breda.

Loomis E., Ueb. einige elektr. Erschein. in den Vereinigt. Staaten C, 599. — s. Schneider J.

Luboldt R., Ueb. d. Ankerit CII, 455.

## M.

Magnus G., Elektrolytische Untersuch. CII, 1.

Matthiessen, Ueb. d. Elektricitätsleit. d. Kaliums, Natriums, Lithiums, Magniums, Calciums und Strontiums C, 178.

Meister, Akust. Phänomen CII, 479.

Meyer L., Ueb. d. Gase d. Bluts CII, 299.

## N.

Nason, H. B., — s. Sartorius.

Neumann F., Ueb. d. Ozongehalt d. Atmosphäre CII, 614.

Nordenskiöld A. E., Beitr. z. Finnlands Mineralogie CI. 625. — Versuch, die Dichtgk. chemischer Verbind. theoret. zu berechn. CII, 387.

## O.

Oesten F., Ueb. d. Trenn. der Tantsäure von d. Säuren aus d. Columbiten C, 340.

Oppel J. J., Bemerk. z. Stereoskopie, besonders z. Erklär. des Glanzes zweifarb. Bilder C, 462. — Beobacht. einer zweit. Gattung v. Reflexionstönen, nebst Theorie derselb. CI, 105.

## P.

Palacky. — Ueb. d. Einsenkung von Australien C, 659.

Pasteur, Studien üb. d. Wachsen d. Krystalle u. üb. d. Ursache d. Veränder. ihrer sekundär. Flächen C, 157.

Petitjean, Verfahr. z. Versilb. d. Glases CI, 313.

Pfaff F., Geolog. Bedenk. gegen annoch thätige Mondsvulkane CI, 487. — Ueb. d. Mess. ebener Krystallwinkel und deren Verwerth. für d. Ableit. d. Flächen CII, 457. — Ueber eine sehr flächenreiche Schwerspathcombination u. s. w. CII, 464.

Place F., Ursache d. Kupferniederschlags auf die Thonzelle der Daniell'schen Kette und dess. Verhüt. C, 590.

## Q.

v. Quintus-Icilius, Ueb. d. numer. Werth d. Constante in d. Formel für d. elektro-dynam. Erwärm. v. Metalldrähten CI, 69.

## R.

Rammelsberg C, Ueb. d. Zöisit u. seine Bezieh. zum Epidot C, 133. — Zusammensetzung. d. Beudantits C, 581. — Ueb. d. phosphorsaur. Natron-Lithion CII, 441.

Reichenbach v., Ueb. d. Meteoriten von Hainholz CI, 311 und CII, 618. — Ueb. d. Meteoriten aus d. Tolucathal CII, 621.

Remy, Angebl. Erst eig. d. Chimborasso C, 479.

Riefs P., Die elektr. Wärmeformel betreffend C, 473. — Ueber d. elektr. Funkenentladung in Flüssigk. CII, 177.

Rijke P. L., Ueb. d. Extrastrome CII, 481.

Ritchie, Großer Inductionsapp. CII, 644.

Romershausen, Reclamation CI, 644.

Roscoe s. Bunsen.

Rose G., Ueb. d. sogen. Babylonquarz C, 142.

Rose H., Ueb. d. Verbind. des Tants mit Stickstoff C, 146. — Ueb. d. Atomgewichte d. einfach. Körper C, 270. — Ueb. d. Tantsäure u. d. Tantsäurehydrat C, 417. — Ueb. d. Verbind. d. Tantsäure mit d. Kali C, 551. — Ueb. d. Verbind. d. Tantsäure mit d. Natron CI, 11. — Ueb. d. Verhalt. d. Silberoxyds gegen andere Basen CI, 214, 321 u. 497. — Ueb. d. tantsaurs. Salze CII, 55. — Ueb. d. niederen Oxydationsstufen d. Tants CII, 280. — Ueb. d. Verbind. d. salpetersaur. Natrons mit salpetersaurem Silber CII, 436. — Verhalt. der Borsäure z. Weinsäure CII, 545.

## S.

Saint-Claire-Deville, Ueb. d. Flüchtgk. d. Magnesiums CI, 234. — s. Wöhler.

Salm-Horstmar, Fürst. — Ueb. eine krystallis. fluoresc. Substanz aus der Rinde von *Fraxinus excelsior* C, 607 u. CI, 400.

Sandberger F., Ueb. d. Beudantit u. s. Modificationen C, 611.

Sartorius v. Waltershausen, Fortgesetzte Untersuch. einig. Mineralkörper aus d. Dolomitformat. d. Binnenthals, mit Beiträgen v. E. Uhrlaub u. H. B. Nason, C, 537.

Schabus J., Ueb. d. Krystallform d. Kärtner Vanadinits C, 297.

Schaffgotsch F. G., — Eine akust. Beobacht. C, 352. — Ueb. eine Erschein. bei plötzlich aber schwach geändert. Luftdruck C, 650. — Akust. Beobachtungen CI, 471. — Zwei ausgezeichnet. Beispiele a. Schmelzpunkts-Erniedr.



CII, 293, 644. — Der Tonflammenapparat CII, 627.

Scheerer Th., Mineralog. Charakterist. d. Prosopits CI, 361.

Schischkoff L., — s. Bunsen.

Schmidt W., Ueb. d. Endosmose d. Glaubersalz. CII, 122.

Schneider J., Ueb. d. elektr. Erschein. in d. Vereinigt. Staaten CI, 309.

Schneider R., Ueb. d. Aequivalentgewichte d. Nickels und Kobalts CI, 387.

Schönbein, Zusammenh. d. katalyt. Erschein. mit d. Allotropie C, 1. — Ueb. e. eigenthüml. Erzeugungsweise d. salpetrig. Säure C, 292.

Schulze O., Akust. Wellen-Apparat. C 583.

Sella Q., Krystallf. d. diamantartig. Bors C, 646.

Serge de Birkiné, Eigenthüml. Schattenphänomen C, 98.

Siemens W., Ueb. d. telegraph. Gegensprechen (s. Edlund) C, 653. — Neue Construct. magneto-elekt. Maschinen CI, 271. — Ueb. d. elektrostat. Induction u. d. Verzöger. d. Stroms in Flaschendrähnen CII, 66.

Simmler s. Wild.

Sinsteden, Ueb. d. magnetisirend. u. elektrolyt. Wirk. d. elektro-magnet. Inductionsstroms CI, 1.

Steeg W., Verkauf optisch. Gegenstände CI, 642.

Stefan, Allgem. Gleichung für oscillator. Bewegungen CII, 365.

Stokes G. G., Ueb. d. Polarisat. d. gebeugt. Lichts CI, 154.

Svan W., Ueb. d. prismat. Spectra d. Flammen v. Kohlenwasserstoffverbind. C 306.

### T.

Tait s. Andrews.

Taupenot, Ueb. d. Anfertigung d. Barometers u. d. Sieden d. Quecksilb. im Vacuo C, 475.

### U.

Uhrlaub E., Die Verbind. d. Molybdäns mit Stickstoff CI, 605. — s. Sartorius.

### V.

Verdet, Ueb. d. opt. Eigenschaft. durchsichtig. Körper unter Wirk. d. Magnetism. C, 172.

Vettin, Meteorolog. Untersuch. 2. Abh. C, 99. — Ueb. d. mittl. Barometerstand unter verschied. Breiten C, 595. — Ueb. d. aufsteig. Luftstrom, d. Entsteh. des Hagels u. d. Wirbelstürme CII, 246.

### W.

Warren, Ueb. einig. Zirkonerde- u. Titansäure-Verbind. CII, 449.

Weber R., Ueb. d. Wärme-Entwickl. b. Molecularveränder. des Schwefels und Quecksilberjodids C, 127. — Ueb. Jod-Aluminium, CI, 465.

Weber W., Bemerk. z. Aufs. v. Kirchhoff C, 351.

Wertheim W., Ueb. d. Capillarität CII, 595.

Wiedemann G., Ueb. d. Magnetism. d. Stahlstäbe C, 235.

Wild H. u. Simmler Th., Ueb. einige neue Methoden z. Bestimmung der bei d. Diffus. einer Salzlösung in das reine Lösemittel auftretend. Constanten C, 217 und 660.

Willigen V. S. M. van der, Eine Licht-Erschein. im Auge CII, 175.

— Ueb. d. Seifenblasen CII, 629.

Wöhler F., Ueb. e. neuen Meteoriten C, 342. — Ueb. Stickstoffsilicium u. Stickstoffbor CII, 317.

— Mit Buff: Neue Verbind. des Siliciums CII, 313. — Mit Sainte-Claire-Deville: Ueb. d. Bor C, 635.

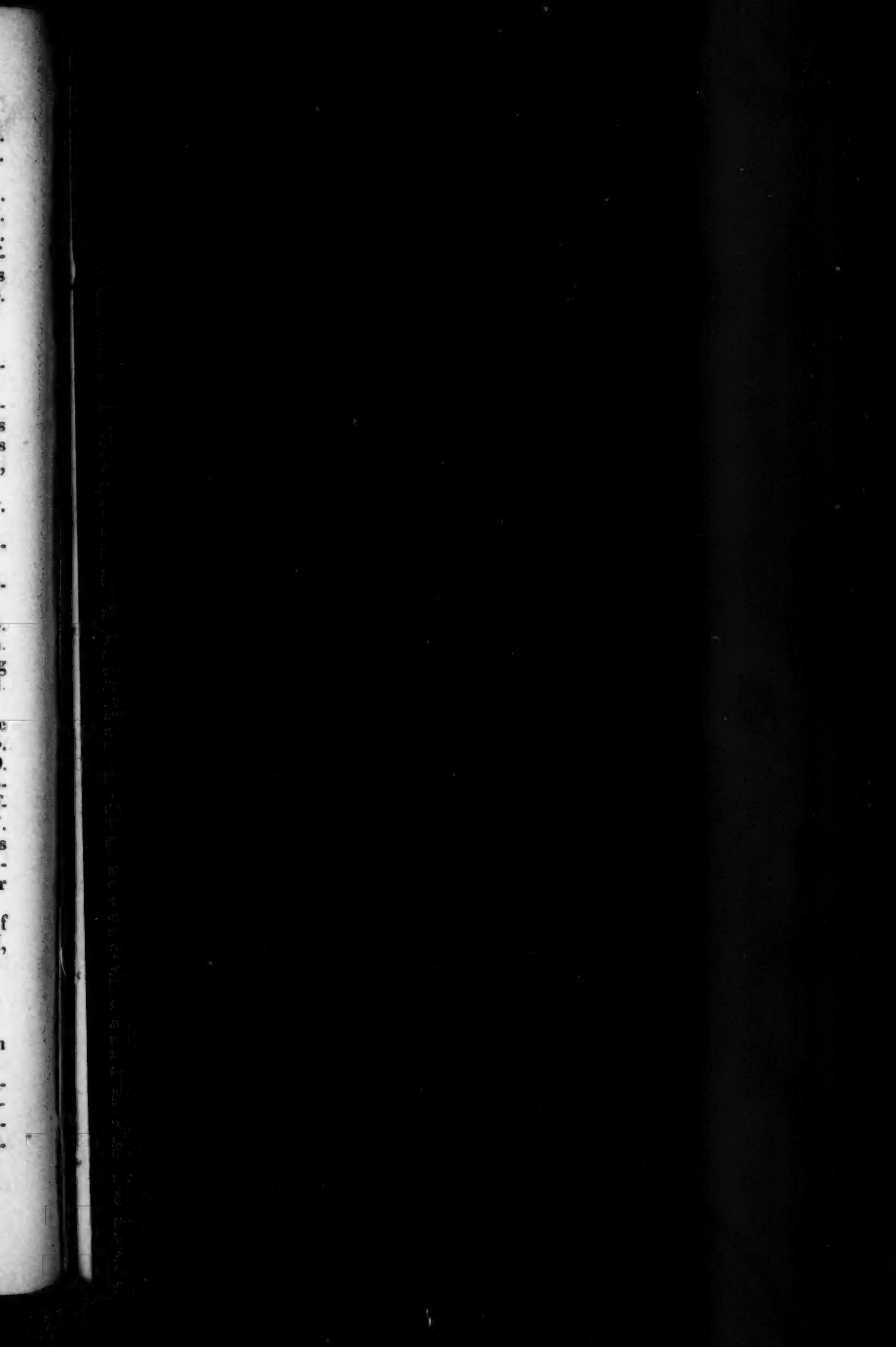
Wolf C., Vom Einfl. d. Temp. auf d. Erschein. in Haarröhrchen CI, 550 u. CII, 571.

### Z.

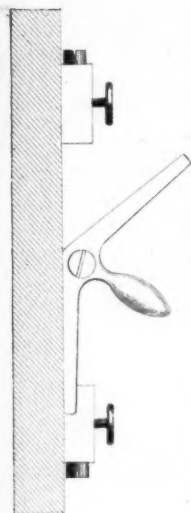
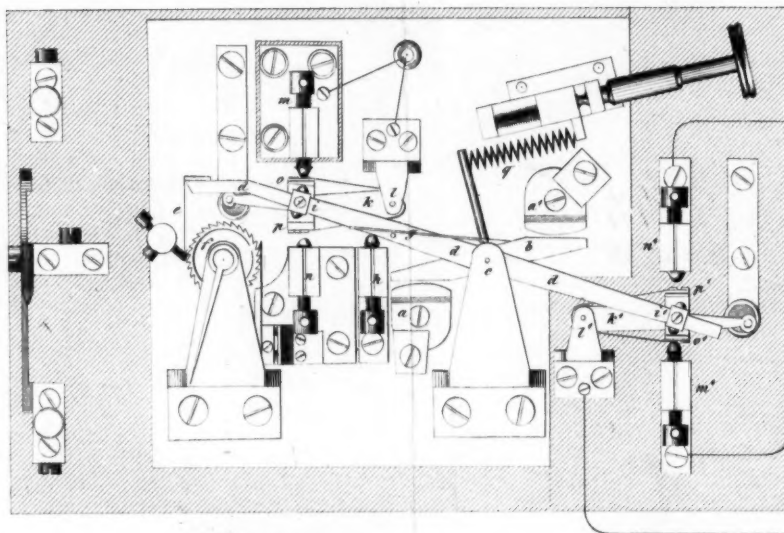
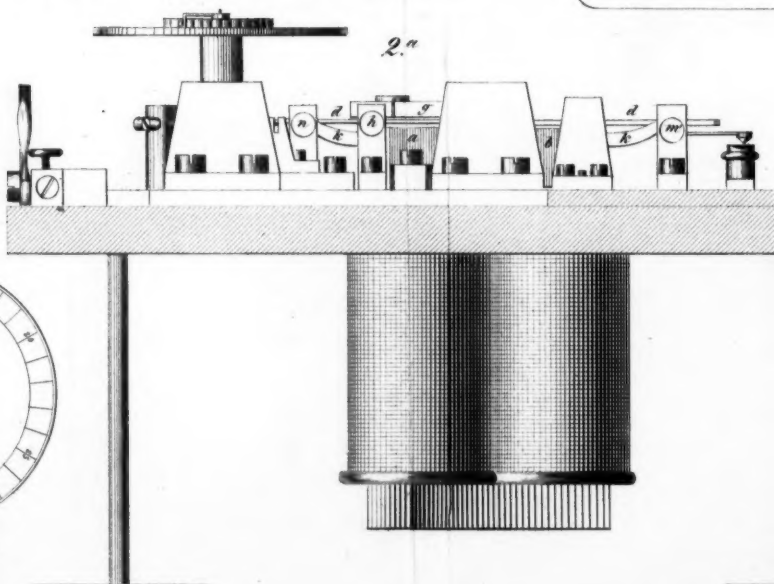
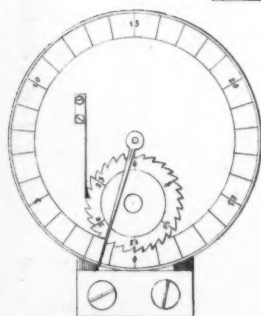
Zech J., Ueb. d. Ringsysteme in 2-axigen Krystallen CII, 354.

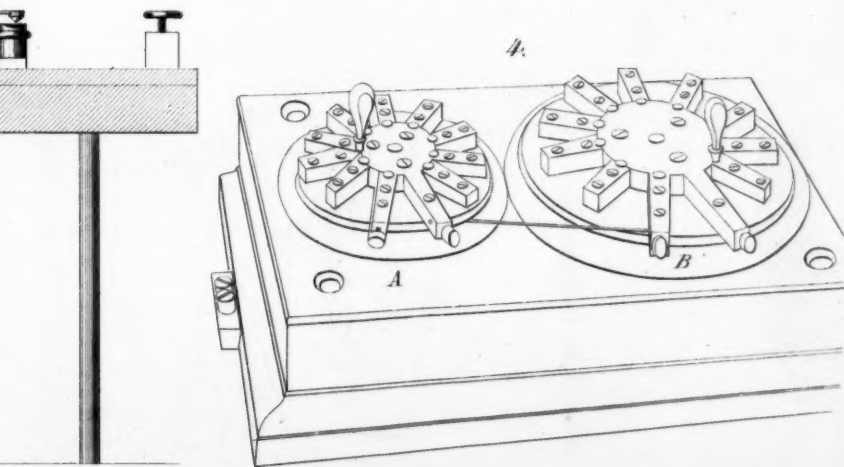
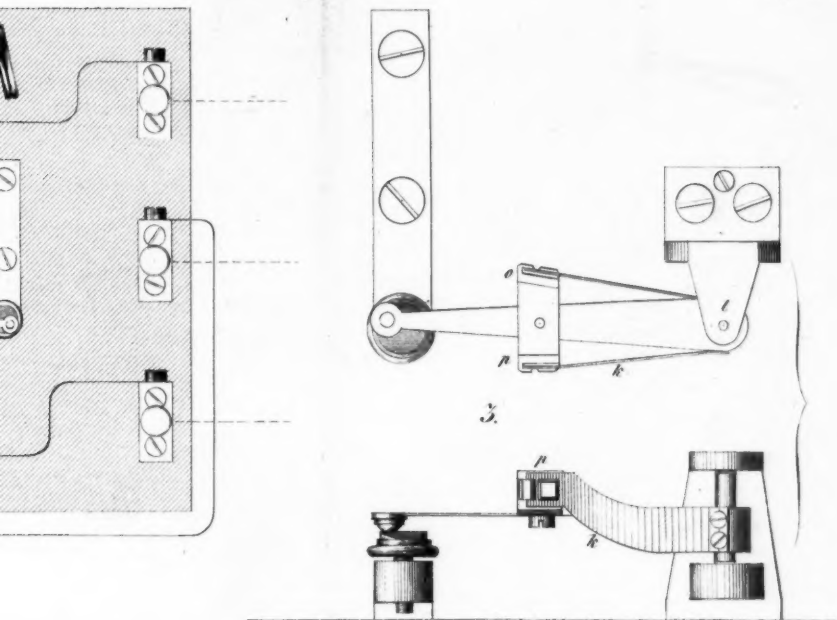
Zöllner F., Photometr. Untersuchungen C, 381, 474 u. 651. — Ueb. ein neues Princip zur Construct. einer elektromagnet. Kraftmaschine CI, 139.



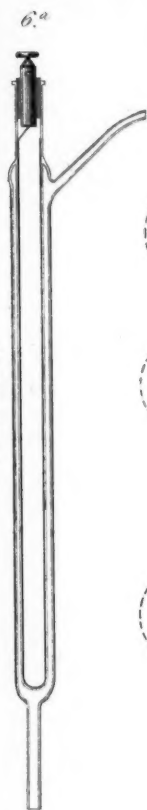


16

1.<sup>a</sup>2.<sup>a</sup>2.<sup>b</sup>



*1/2 natürl. Größe.*



*2/3 nat. Größe.*



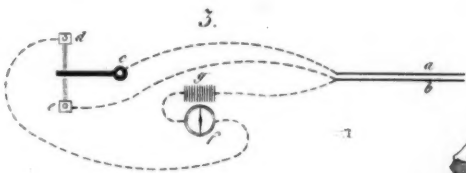
1.



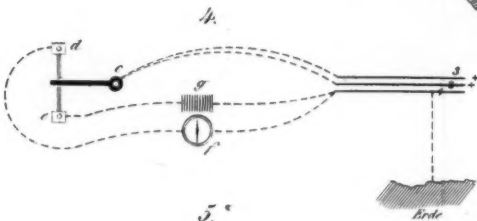
2.



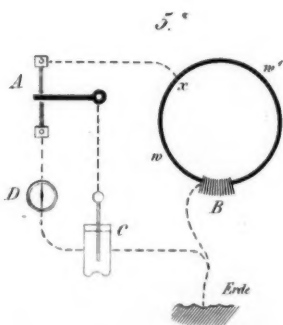
3.



4.



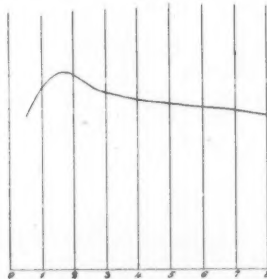
5.

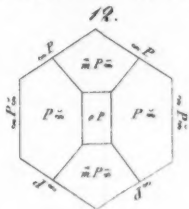
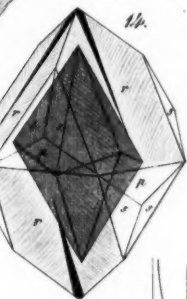
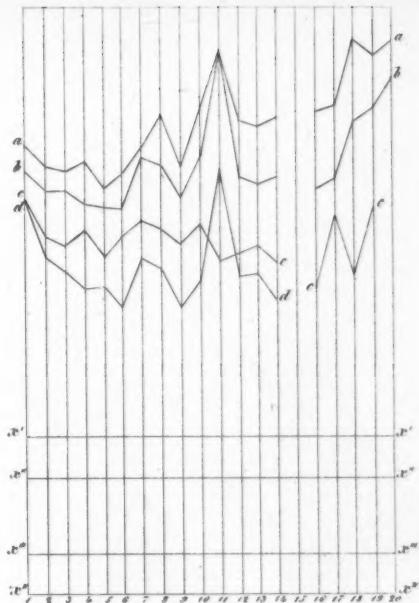
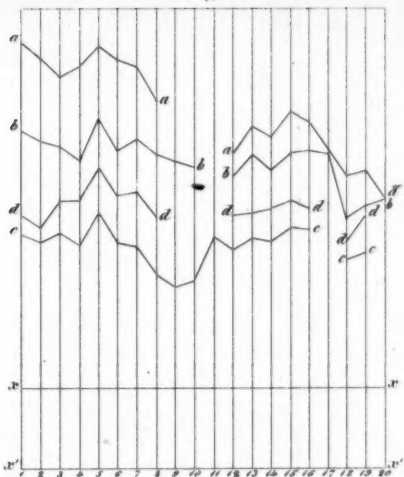


13.



8.





10.

11.

